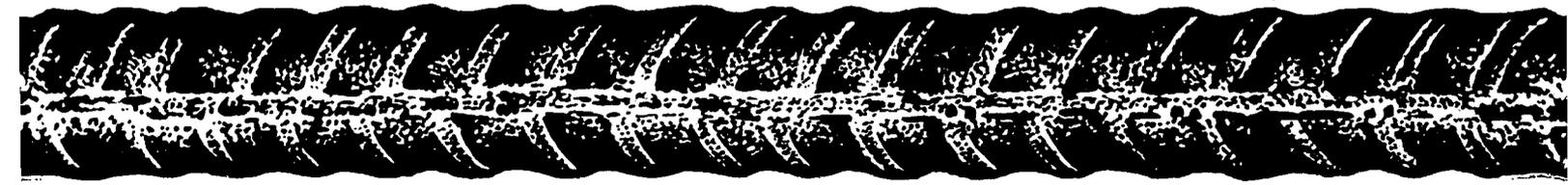
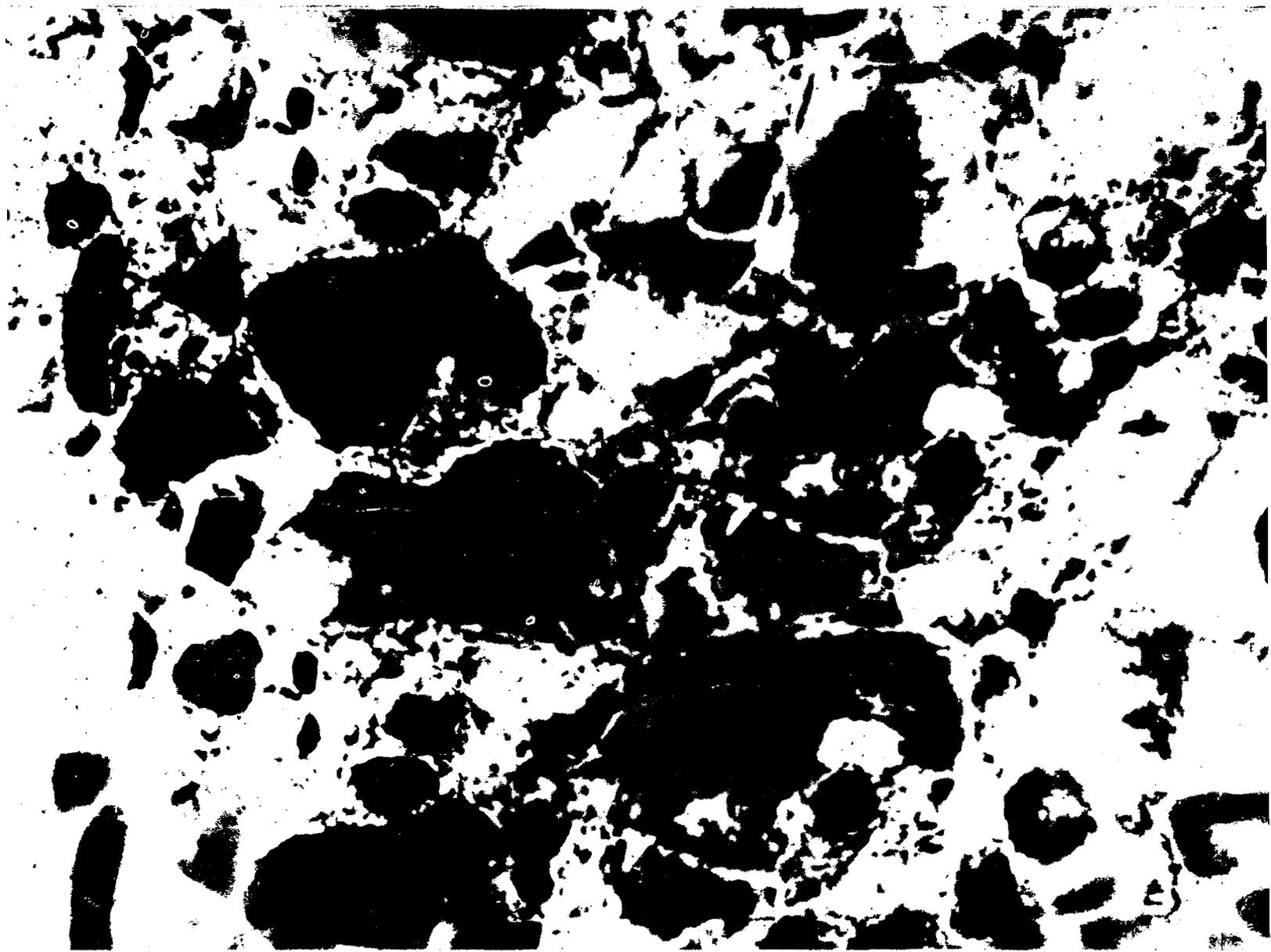


# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

3

1989



## Издания НИИЖБа в 1989—1990 гг.

### › Сборники

1. Совершенствование легких бетонов и конструкций из них.
2. Физико-химические методы исследования бетонов.
3. Жаростойкие и обычные бетоны при действии повышенных и высоких температур.
4. Коррозионная стойкость бетона, арматуры и железобетона в агрессивных средах.
5. Повышение качества и эффективности применения бетона и железобетонных изделий и конструкций (сборник молодых специалистов).
6. Новые экспериментальные исследования и методы расчета железобетонных конструкций.
7. Расчет, конструирование и технология изготовления бетонных и железобетонных изделий.
8. Исследование и применение химических добавок в бетонах.
9. Самонапряженные и непрерывно армированные конструкции.
10. Предварительно напряженные железобетонные конструкции зданий и сооружений.
11. Исследование ячеистых бетонов и конструкций.

*Заказы на издания НИИЖБа следует направлять по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, ОНТИ НИИЖБ*

# БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

**3** (408)  
Март 1989

Издается с апреля 1955 г.

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО КОМИТЕТА СССР

## СОДЕРЖАНИЕ

Решения XXVII съезда КПСС — в жизнь!	
Дела и планы строителей . . . . .	2
Экономия ресурсов	
<i>Дусмурадов Т., Шарифов А., Голубев М. Н.</i> Свойства бетона с добавками модифицированных лигносульфонатов . . . . .	3
Заводское производство	
<i>Давыдов Г. Д., Панасюк И. В., Пухальский Г. В., Гусев Б. В., Загурский В. А.</i> Роторная технология в производстве сборного железобетона . . . . .	5
Конструкции	
<i>Соколов Б. С.</i> Прочность и трещиностойкость наклонных сечений стеновых панелей . . . . .	8
Бетоны	
<i>Бруссер М. И., Высоцкий С. А., Царик А. М.</i> Определение сохраняемости удобоукладываемости бетонных смесей . . . . .	9
В помощь проектировщику	
<i>Тетиор А. Н., Дьяков И. М.</i> Расчет на продавливание отдельно стоящих фундаментов колонн . . . . .	11
Теория	
<i>Карпенко Н. И.</i> Методика расчета стержневых конструкций с учетом деформаций сдвига . . . . .	14
<i>Маилян Л. Р.</i> Учет работы арматуры за физическим или условным пределом текучести . . . . .	16
Долговечность	
<i>Кравченко Т. Г.</i> Обследование коррозионного состояния арматуры конструкций электрохимическими методами . . . . .	18
<i>Лаврега Л. Я., Бориславская И. В., Байза А. И., Унчик С. Я.</i> Повышение долговечности бетона при воздействии органических кислых сред . . . . .	20
Использование промышленных отходов	
<i>Батраков В. Г., Каприелов С. С., Пирожников В. В., Шейнфельд А. В., Донской С. А., Вихман Я. Л.</i> Применение отходов ферросплавного производства с пониженным содержанием микрокремнезема . . . . .	22
Вопросы экономики	
<i>Агаджанов В. И., Панюков Э. Ф., Бадкова Е. К.</i> Эффективность проектирования железобетонных конструкций с требуемой огнестойкостью . . . . .	25
Информация	
<i>Михайлов К. В.</i> Всесоюзная конференция по бетону и железобетону . . . . .	26
<i>Звездов А. И., Мартыросов Г. М., Диамант М. И., Мазалов А. Н., Кротова Н. Н.</i> Железобетонные индустриальные крыши . . . . .	29
Нам пишут	
<i>Рожков В. А., Киселев Б. П., Титаренко А. И.</i> Формовочная машина для изготовления блоков подвалов . . . . .	30



МОСКВА  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

## ДЕЛА И ПЛАНЫ СТРОИТЕЛЕЙ

Строители Московской области, выполняя решения XXVII съезда КПСС, XIX Всесоюзной партийной конференции, обеспечили в 1988 г. дальнейшее развитие экономики. Этот год был отмечен внедрением в практику строительных организаций новой модели хозяйственного расчета, позволяющей всем участникам производства на деле почувствовать себя хозяевами предприятия. Эта модель — аренда. Вслед за первопроходцем арендных отношений в промышленности — Бутовским комбинатом стройматериалов на так называемую третью модель хозрасчета перешли трудовые коллективы практически всех отраслей народного хозяйства Подмосквья.

Анализ работы арендных предприятий строительной отрасли позволяет утверждать со всей определенностью: аренда значительно эффективнее действующих первой и второй моделей хозрасчета. В 1988 г. предприятия, работающие по-новому, добились по отдельным оценочным показателям лучших результатов по сравнению с предприятиями, не перешедшими на полный хозрасчет. В то же время на ряде предприятий, работающих по-новому, ухудшилась дисциплина поставок. Предприятия строительного комплекса выполнили задания и обеспечили прирост по производству цемента, клинкера, асбестоцементных труб и муфт, строительного фаянса, шифера. Вместе с тем не обеспечены потребности народного хозяйства в сборных железобетонных конструкциях и изделиях, кирпиче. Всего в 1988 г. произведено 3,33 млн. м<sup>3</sup> сборного железобетона.

Объем подрядных работ, выполненных строительными организациями Главмособлстроя, составил 781,1 млн. р. (101% планового задания). Производительность труда в главке возросла на 7,8%. Следует отметить, что в области расширились масштабы применения прогрессивных видов строительного монтажа, выросли объемы полносборного строительства, удельный вес которого в общем объеме строительного монтажа составил 38,4%.

На территории Подмосквья в 1988 г. за счет всех источников финансирования было сдано в эксплуатацию жилых домов общей площадью 2,9 млн м<sup>2</sup>. Жилищные условия улучшились 280 тыс. человек, в среднем на одного жителя приходится 15,5 м<sup>2</sup> общей площади. Строители области сдали в эксплуатацию две турбины мощностью по 200 тыс. кВт·ч каждая на Загорской ГАЭС, пусковой комплекс по производству 4 тыс. т чугуна на Коломенском заводе тяжелого станкостроения, мощности по производству фосфоритной муки в производственном объединении «Фосфаты». В строительном комплексе введены в эксплуатацию производственная база по выпуску 10 тыс. м<sup>3</sup> в год сборных железобетонных конструкций и изделий в поселке Голицыно, мощности по выпуску 8,4 тыс. м<sup>3</sup> блоков для производства облицовочной плитки на Озерском карьероуправлении и др.

Опыт работы некоторых строительных подразделений области показывает, что потенциал аренды намного выше, чем предполагалось раньше. Ведь арендный подряд нацелен на совершенствование главного звена хозяйственного механизма — системы экономического стимулирования трудящихся.

Коллектив, взявший арендный подряд, точно знает, за какие средства производства и в каком размере он будет вносить арендную плату, причем ее размер оговорен по годам и определяется в абсолютных суммах платежей, а не в процентных отчислениях с дохода. В договоре зафиксирован длительный срок аренды: от 8 и более лет. Арендаторы сами решают, как им распределять хозрасчетный доход. Единственным ограничением является обязательное превышение темпов роста производительности труда над темпами роста средней заработной платы. Допускается самостоятельность в реализации продукции, выпущенной сверх госзаказа.

Конкретными проявлениями действия перечисленных принципов становятся устранение уравниловки в оплате труда, развитие предприимчивости в освоении более эффективных технологий на имеющемся оборудовании, более бережное к

нему отношение со стороны работников. Простота расчетов, определяющих хозрасчетный доход, делает договор понятным, наглядным для каждого арендатора. Ведь фонд оплаты труда прямо зависит от роста производительности труда.

Как известно, такой подход впервые был опробован на практике Бутовским комбинатом, перешедшим на аренду с начала 1988 г. Итогом совместной работы специалистов комбината и коллектива научных работников Научно-исследовательского экономического института при Госплане СССР, Научно-исследовательского финансового института Минфина СССР стала универсальная методика перевода предприятий на условия аренды, утвержденная Комиссией по совершенствованию управления, планирования и хозяйственного механизма Совета Министров СССР.

Очевидно, освоение метода арендного подряда не следует превращать в очередную кампанию. Каждое предприятие должно тщательно подготовиться к практическому использованию нового хозяйственного механизма. Но и стоять на месте нельзя, ведь процесс совершенствования экономических отношений бесконечен, и зачинатели аренды думают сегодня о следующих этапах развития арендных отношений. Так, Бутовский комбинат планирует после преобразования в фирму «Бутово» предусмотреть возможность выкупа у государства арендованного имущества, создания собственного акционерного банка.

Аренда дает ключ к освоению реальных экономических методов управления производством, оздоровлению социальных отношений в трудовом коллективе, преодолению отчуждения между трудящимися и средствами производства, а главное — укреплению у рабочего реального чувства хозяина.

У строителей Московской области большие и ответственные задачи на ближайшее будущее. Так, в конце 1988 г. общественный градостроительный совет Московской области рассмотрел и в целом одобрил проект Генерального плана развития столицы и столичной области на период до 2010 года и рекомендовал его к широкому общественному обсуждению. После обсуждения план будет рассмотрен на специальной сессии Мособлсовета.

В проекте плана особая роль отведена трем задачам. На первом месте решение социальных и экологических проблем области, которых накопилось очень много. Третья задача вытекает из первых двух: интенсификация экономического развития. Известно, что развитие области в последние 10—15 лет привело к необходимости принятия неотложных мер по преобразованию практически всех сфер деятельности в Подмосквье. Экстенсивный путь развития производственной сферы, вовлекший в хозяйственный оборот значительные дополнительные материальные и трудовые ресурсы, бесконтрольная деятельность ведомств не привели к улучшению конечных результатов.

Главная задача градостроительства в области — решение жилищной проблемы. Около 12% городских семей живет в настоящее время в коммунальных квартирах, в ветхих и неблагоустроенных домах. Каждый шестой житель области — очередник.

Для выполнения жилищной программы в Подмосквье с 1986 по 2000 годы необходимо построить жилых домов общей жилой площадью 48,2 млн. м<sup>2</sup>. К 2010 г. в соответствии с проектом плана строители должны обеспечить каждого члена семьи отдельной комнатой и одной общей комнатой на семью в целом. Тогда средняя обеспеченность жилой площадью составит на одного человека в городе 25,3 м<sup>2</sup>, на селе — 27,1 м<sup>2</sup>.

Чтобы создать предпосылки для успешного внедрения и функционирования территориального хозрасчета, необходима четкая стратегия реализации предложений Генплана. Одним из главных факторов является придание плану статуса, обеспечивающего обязательность его положения для всех предприятий.

УДК 666.972:693.542.4

Т. ДУСМУРАДОВ, А. ШАРИФОВ, М. Н. ГОЛУБЕВ, кандидаты техн. наук  
(Таджикский политехнический ин-т)

## Свойства бетона с добавками модифицированных лигносульфонатов

Известно, что модифицированные лигносульфонаты технические (ЛСТ-М) улучшают технологические свойства бетонных смесей, повышают водонепроницаемость, морозостойкость, прочность бетонов и позволяют экономить до 10% цемента [1...3].

Нами разработана технология модификации раствора лигносульфоната технического (ЛСТ) минеральными адсорбентами [4]. Хорошие результаты получены обработкой раствора ЛСТ лессом и керамзитовой пылью. Было изучено влияние этих добавок на свойства тяжелых бетонов классов В22,5...В40 на портландцементных различного состава цементных заводов республик Средней Азии.

Ниже приводятся результаты изучения свойств смеси, бетона и микроstructures цементного камня, содержащих в качестве добавки модифицированную ЛСТ лессом (ЛСТ-МЛ) и керамзитовой пылью (ЛСТ-МК).

Для исследования использовали среднеалюминатный цемент Душанбинского цементного завода активностью 42 МПа, содержащий 55%  $C_3S$ , 22%  $C_2S$ , 8%  $C_3A$ , 13%  $C_4AF$  и 5% гипса, песок  $M_{кр} = 2,5$ , щебень гранитный фракции 5...20 мм. Эксперименты проводили на бетоне состава Ц:П:Щ=1,0:1,9:3,1 с удельным расходом цемента 350 кг/м<sup>3</sup>, В/Ц=0,46...0,40. Образцы размером 10×10×10 см подвергали тепловлажностной обработке (ТВО) по режиму (3+3+6+2) ч при температуре 80°C.

Добавки	В/Ц	Осадка конуса, см	Прочность образцов при сжатии, МПа, через		
			1 сут после ТВО	7 сут	28 сут
<b>При одинаковом В/Ц</b>					
ЛСТ —	0,46	4	20,2	25,8	29,3
ЛСТ-МЛ	0,46	16	15,6	18,2	22,0
ЛСТ-МК	0,46	18	21,8	26,7	32,4
ЛСТ-МК	0,46	14	22,5	28,2	34,6
<b>При равноподвижной бетонной смеси</b>					
ЛСТ	0,41	4	20,2	24,5	27,2
ЛСТ-МЛ	0,40	4	25,7	31,5	38,4
ЛСТ-МК	0,42	4	26,5	33,2	40,6
<b>При снижении расхода цемента на 10%</b>					
ЛСТ —	0,48	4	16,3	20,5	26,4
ЛСТ	0,43	4	10,9	14,6	20,3
ЛСТ-МЛ	0,42	4	19,3	24,2	30,8
ЛСТ-МК	0,44	4	20,4	26,5	32,2

Расход добавки — 0,3% массы цемента.

Фазовый состав и микроstructure цементного камня исследовали с помощью рентгенофазового, ИК-спектроскопического и электронно-микроскопического методов анализа.

Использование модифицированных ЛСТ позволяет увеличить подвижность бетонной смеси (О. К.) с 4 до 14...18 см, без снижения прочности бетона, твердеющего при тепловой обработке, дает возможность сократить водопотребность смеси на 8...10% и увели-

чить прочность бетона после тепловой обработки через 4 ч, 7 сут и 28 сут соответственно на 25, 20 и 30% (см. таблицу). Одновременно при экономии 10% цемента марка бетона сохраняется на том же уровне.

Изучение кинетики изменения подвижности смеси при нормальной температуре показывает, что наиболее стабильные свойства бетона получают на модифицированных ЛСТ, наименее — при ЛСТ без обработки. Так, если бетонная смесь начальной подвижности по осадке стандартного конуса 12 см в течение 30 мин с момента затворения теряет подвижность на 6 см, с добавкой необработанной ЛСТ — на 8 см, то при применении модифицированных добавок потеря подвижности составляет всего 3...4 см.

Электронно-микроскопические исследования показали, что микроstructure цементного камня из теста нормальной густоты, твердевшего во влажных условиях при нормальных температурах в возрасте от 1 до 28 сут (рис. 1, а, б), состоит из отдельных блоков-агрегатов, образованных параллельно ориентированными слоями чешуйчатых метамиктных поликристаллов и пакетами кристаллических гидратных соединений размером в несколько микрометров.

Цементный камень с добавкой 0,3% ЛСТ-МЛ при твердении в течение 1 сут имеет более плотную структуру (рис. 1, в, г) по сравнению со структурой цементного камня без добавки за

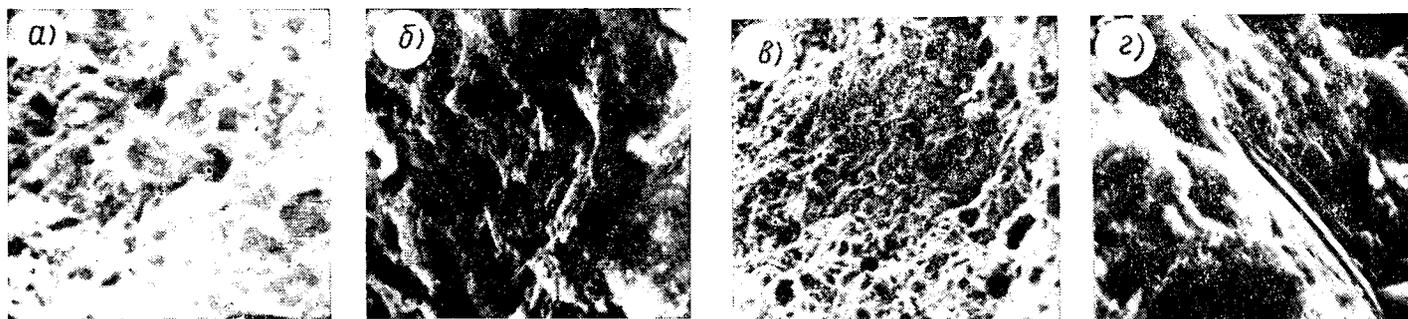


Рис. 1. Электронные микрофотографии, полученные на СЭМ с поверхности цементного камня. а, в — ×212; б — ×2125; г — ×1175; а, б — без добавки; в, г — с добавкой 0,3% ЛСТ-МЛ; при твердении в возрасте 1 сут (а и в) 28 сут (б и г)



Г. Д. ДАВЫДОВ, И. В. ПАНАСЮК, инженеры, Г. В. ПУХАЛЬСКИЙ, канд. техн. наук (Днепропетровский филиал НИИСПа); Б. В. ГУСЕВ, д-р техн. наук, проф., В. А. ЗАГУРСКИЙ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Роторная технология в производстве сборного железобетона

Основным направлением повышения производительности труда и качества продукции на предприятиях стройиндустрии является создание высокомеханизированных и автоматизированных линий. При этом следует учитывать, что автоматизация технологических процессов весьма эффективна при конвейерном производстве изделий с использованием нового оборудования на всех технологических постах, так как совершенствование одного или нескольких переделов незначительно повышает технико-экономические показатели всей линии. Выполнение этих задач позволяет не только ликвидировать тяжелый ручной труд, но и резко повысить производительность технологических линий и качество изготавливаемых железобетонных изделий при одновременном снижении материальных и энергетических затрат.

Наметившаяся тенденция увеличения объема производства изделий на конвейерных линиях, уровень применения которых составляет около 10% общего объема выпуска, создает благоприятные условия для комплексной механизации и автоматизации технологических линий.

Разработка и внедрение роторного конвейера позволили ликвидировать недостатки, присущие традиционным схемам производства бетонных и железобетонных изделий.

Анализ технологических схем производства, выполненный НИИЖБом и Днепропетровским филиалом НИИСПа, показал перспективность роторно-конвейерных линий в производстве сборного железобетона. Достоинствами линий являются их эксплуатация в производственных цехах без кранового оборудования, оптимальная компоновка формовочных постов с выносом до 3/4 длины конвейера за пределы здания цеха, обеспечение условий для максимальной автоматизации технологических процессов, возможность использования энергосберегающих технологий термообработки бетона, высокая скорость монтажа технологического оборудования и строительных конструкций.

Разработка роторного конвейера с клиновой опалубкой доказала свою жизнеспособность и нашла широкое применение для изготовления бетонных блоков стен подвалов и фундаментов типа ФБС (ГОСТ 13579—78).

Роторный конвейер такого типа (рис. 1) представляет собой кольцевую камеру с поворотным поддоном, на котором установлена сборно-разборная бортовая оснастка, состоящая из клиньев и торцевых коробок, образующих в собранном виде форму блоков. Рычажные приводы поворота поддона в заданном цикле работы конвейера перемещают поддон вместе с формами через все технологические посты, включая механизм распалубки, съем готовых изделий, чистку и сборку опалубки, укладку и уплотнение бетона, установку монтажных петель с одновременной термообработкой изделий в кольцевой камере ротора.

При выходе очередного изделия из кольцевой камеры механизм распалубки с помощью гидроцилиндра сдвигает наружу или смыкает клиновую опалубку, обеспечивая при этом расстояние от боковой грани блоков до стенок клина 5...10 мм с фиксацией положений опалубки. Готовые блоки подаются на склад рольгангом или кран-балкой грузоподъемностью 3 т, изготовленной на базе электротельфера. Бетонная смесь подается через стационарный накопительный бункер на всю длину и высоту формы и подвергается кратковременному уплотнению вибропакетом, рабо-

тающим в заданном автоматическом режиме. Монтажные петли устанавливаются в бетон блоков специально разработанным механизмом, исключающим применение ручного труда.

Управление работой механизмов осуществляется оператором централизованно с пульта. Электрическая схема предусматривает ручной или автоматический режимы управления.

Термообработка изделий производится в кольцевой камере с помощью паровых регистров из ребристых чугунных труб. Для более интенсивной подачи тепла используют воздушную продувку регистров установленным вентилятором. Предусматривается также периодическое увлажнение среды в камере. Разработаны другие варианты термообработки роторного конвейера: с использованием открытой подачи пара, калориферов в напольном и подпольном исполнении, масляных регистров.

Данная технология производства изделий полностью исключает применение съемных крышек камер термообработки, обгонных путей, передаточных тележек с приводами, предотвращается остывание камеры, поддона и опалубки.

При реконструкции предприятий роторный конвейер удачно вписывается в угловую или торцевую части здания цеха, что позволяет изготавливать изделия при минимальном использовании основных производственных площадей.

На рис. 2 показан пример компоновки цеха в типовом пролете с двумя роторными конвейерами и расположи-

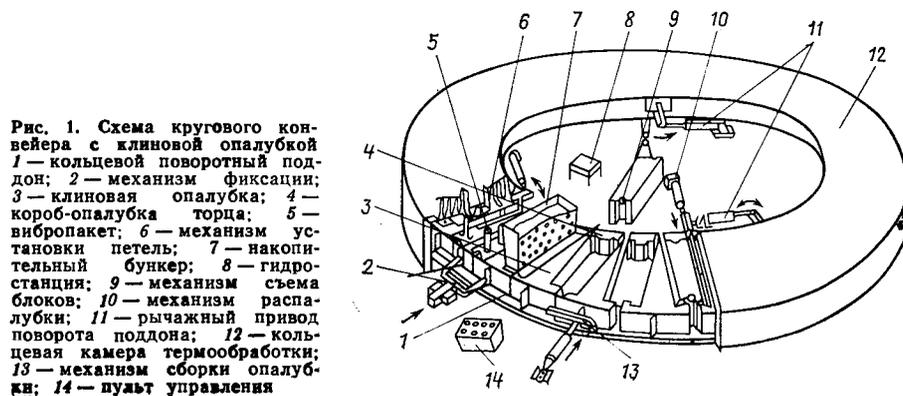


Рис. 1. Схема кругового конвейера с клиновой опалубкой: 1 — кольцевой поворотный поддон; 2 — механизм фиксации; 3 — клиновая опалубка; 4 — короб-опалубка торца; 5 — вибропакет; 6 — механизм установки петель; 7 — накопительный бункер; 8 — гидростанция; 9 — механизм съема блоков; 10 — механизм распалубки; 11 — рычажный привод поворота поддона; 12 — кольцевая камера термообработки; 13 — механизм сборки опалубки; 14 — пульт управления

м кольцевых камер вне основной производственной площади.

Техническая характеристика конвейера	роторного
Годовая производительность при 2-сменной работе, тыс. м <sup>3</sup>	20
Выработка в смену на одного формовщика, м <sup>3</sup>	20
Цикл работы в зависимости от номенклатуры блоков, мин	5...10
Число одноптипных формомест на поддоне, шт.	60...108
Длина кольцевой камеры термообработки, м	44
Продолжительность термообработки изделий, ч	10
Установленная мощность, кВт	20
Металлоемкость технологического оборудования, т	80
Габариты, м	22,4×21,0×4,0

Стоимость оборудования и строительно-монтажных работ (без стоимости здания цеха и складов) составляет около 80 тыс. р.

Экономический эффект от внедрения в производство одного роторного конвейера мощностью 20 тыс. м<sup>3</sup> изделий в год составляет 60 тыс. р. Трудоемкость изготовления изделий снижается на 50%, себестоимость на 15...20%. Сравнение технико-экономических показателей наиболее прогрессивных конвейерных линий по производству блоков стен подвалов и фундаментных плит позволяет отметить высокую конкурентоспособность роторно-конвейерной технологической линии и целесообразность ее широкого внедрения.

Роторно-конвейерные линии успешно работают на заводах ЖБИ в Минске, Каховке, Черкассах, Житомире, строятся в Ленинграде, Волгограде, принято к внедрению более 20 установок в различных районах страны. Объем производства блоков по роторной технологии составляет в настоящее время более 265 тыс. м<sup>3</sup> с экономическим эффектом около 750 тыс. р.

Как показывает практика, наиболее «узким местом» в конвейерной техноло-

гии производства бетонных и железобетонных изделий является длительный процесс термообработки, что в итоге определяет общую производительность. Для изыскания возможности сокращения времени термообработки изделий и всего технологического цикла исследовали кинетику твердения тяжелого бетона классов В7,5...В22,5 в условиях одновременного воздействия термообработки и эффективных химических добавок, вводимых с водой затворения в процессе приготовления смеси. В результате принятой термохимической активации прочность бетона повышается в ранней стадии его твердения, особенно при использовании шлакопортландцементов средних и низких марок. Исследования проводили с обычными и предварительно разогретыми до 60...70°C бетонными смесями. В качестве активаторов применяли химические добавки различного функционального действия: хлористый кальций (ХК), сульфат натрия (СН), нитратсодержащие добавки (НК, ННК, ННХК), плав дикарбоновых кислот (ПДК), а также ПДК в комплексе с сульфатно-дрожжевой бражкой (ПДК+СДБ).

На рис. 3 показана кинетика роста прочности бетона класса В7,5 с различными химическими добавками, с предварительным разогревом бетонной смеси и последующим прогревом изделий в кольцевой камере по заданному режиму. Как видно из приведенных данных, в обычном низкомарочном бетоне с низким содержанием вяжущего (до 250 кг/м<sup>3</sup>) требуемая 70%-ная прочность достигается после термообработки только через 10...12 ч. Введение химических добавок с одновременным разогревом смеси резко интенсифицирует процесс твердения, обеспечивая 70%-ную мароч-

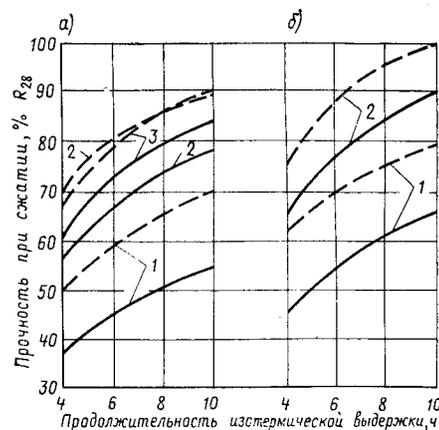


Рис. 3. Кинетика роста прочности бетона класса В7,5  
а — обычный бетон; б — бетон с предварительным разогревом бетонной смеси; — сразу после термообработки; - - - через сутки после термообработки; 1 — без добавок; 2 — 3% ХК, 3% ННХК, 3% ННК; 3 — 2% СН

ную прочность бетона после 5...6 ч термообработки. Наиболее высокие прочностные показатели бетона в раннем периоде его твердения достигаются при введении в бетонную смесь безводного 3% ХК (для неармированных изделий); 3% ННХК, 3% ННК, 2% СН с предварительным разогревом смеси до 60...65°C и последующим прогревом изделий в кольцевой камере при 85...95°C.

В этих условиях можно обеспечить ритм выпуска одного изделия (блока) через каждые 3...4 мин, т. е. довести производительность роторного конвейера при 2-сменной работе до 40...42 тыс. м<sup>3</sup> изделий в год.

В бетонах классов В15...В22,5 высокие показатели ускорения твердения достигаются также при введении 0,7...1,0% ПДК и 0,7% ПДК+0,15% СДБ в сочетании с интенсивной термообработкой.

Принцип роторной технологии определил дальнейшие разработки в области высокомеханизированного производства изделий другой номенклатуры, создания принципиально новых технологических комплексов.

НИИЖБ, Днепропетровский филиал, НИИСПа и ПИ-2 разработали экспериментальный рабочий проект цеха по изготовлению на роторно-конвейерной линии дорожных плит размером 3,0×1,75 м по ГОСТ 21924.0—84 производительностью 24 тыс. м<sup>3</sup> в год с привязкой к заводу ЖБИ в Костроме.

На роторно-конвейерной линии по производству дорожных плит (рис. 4) принята следующая последовательность выполнения технологических операций. Элементы клиновой бортоснастки размещены на кольцевом поворотном поддоне, состоящем из жестко соединенных между собой восьми секций и опирающемся на колесные установки с ребор-

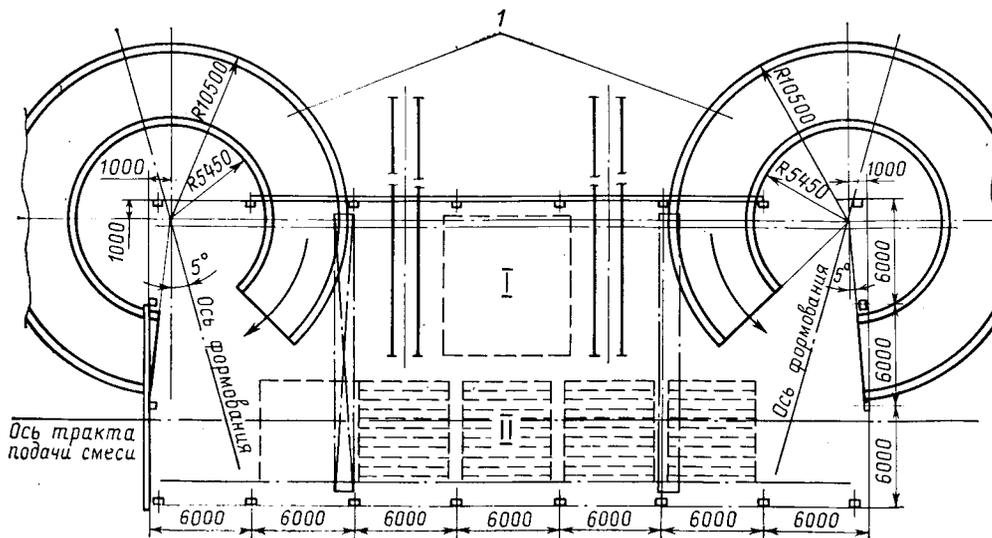


Рис. 2. Схема компоновки цеха с двумя роторными конвейерами  
I — кольцевая камера термообработки изделий; II — временное хранение изделий; III — выдерживание изделий после термообработки

дами. Циклическое перемещение поддона к механизму сборки опалубки осуществляется рычажным приводом. После возвращения клина радиально внутрь до упора поддон поворачивается на один шаг, где собранная опалубка покрывается смазкой с помощью пневмораспылителя и перемещается на пост укладки арматурных каркасов. Два каркаса с помощью траверсы одновременно опускаются в ячейки форм и устанавливаются. Затем форма перемещается на пост укладки бетонной смеси, подача которой осуществляется из накопительного бункера, стационарно установленного на раме. Смесь уплотняется вибропакетами или в варианном исполнении с помощью встроенных в бортоснастке вибровозбудителей. Отформованное изделие поступает в кольцевую камеру. Термообработку дорожных плит можно осуществлять паропрогревом, маслообогревом или продуктами сгорания природного газа.

После подачи изделия из кольцевой камеры к посту распалубки гидроцилиндром производится радиальная сдвигка наружу клиновой опалубки и с помощью механизма съема изделия извлекаются из формы и подаются на склад готовой продукции. При соответствующем изменении конфигурации бортоснастки на линии можно организовать производство других плитных изделий. Все технологические процессы на роторно-конвейерной линии можно выполнять как в автоматическом, так и в ручном режимах с дистанционного пульта управления.

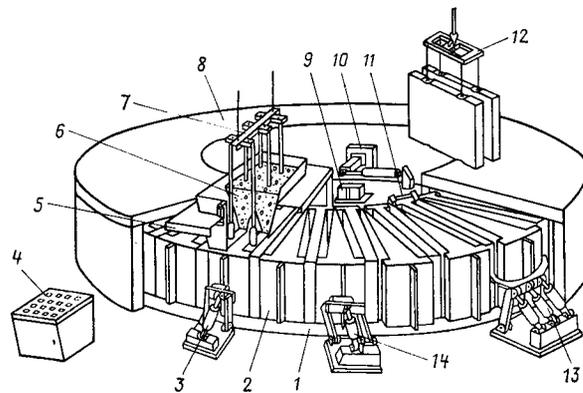
По техническим характеристикам конвейера и технологическим параметрам производства плитных изделий разработаны в зависимости от потребности предприятия четыре варианта установки.

Определяющей характеристикой, позволяющей варьировать мощность конвейера, является принимаемый цикл работы установки. При этом изменяются только численный состав рабочих смены и режим термообработки. Для всех вариантов общее число формомест составляет 100 шт., скорость передвижения поддона 1,5 м/мин, установленная мощность 31 кВт, габаритные размеры конвейера 23×21×6,7 м.

При использовании предварительно разогретых бетонных смесей и химических добавок в оптимальном количестве производительность конвейера повышается на 40..45% с соответственно изменяющимися основными техническими показателями. Стоимость строительно-монтажных работ одного роторного ленточного конвейера составляет 206 тыс. р., в том числе оборудования 82,7 тыс. р.

Рис. 4. Схема роторного ленточного конвейера по производству железобетонных дорожных плит

1 — кольцевой поворотный поддон; 2 — клиновидная опалубка (клиновидный элемент и стенка-перегородка); 3 — механизм фиксации опалубки; 4 — пульт управления; 5 — рама; 6 — накопительный бункер; 7 — вибропакет; 8 — кольцевая камера термообработки; 9 — гидростанция; 10 — рычажный привод поворота поддона; 11 — механизм распалубки изделий; 12 — грузоподъемный механизм; 13 — механизм упора; 14 — механизм сборки опалубки



Техническая характеристика роторных конвейеров

	Варианты			
	1	2	3	4
Производительность конвейера (без разогрева смесей и введения добавок), тыс. м <sup>3</sup>	12	18	24	30
Число рабочих в смену, чел.	3	4	5	6
Выработка на 1 рабочего в смену, м <sup>3</sup>	8,1	9,1	9,7	10,2
Цикл работы, мин	35	25	17,5	14,0
Удельная металлоемкость опалубки, кг/м <sup>3</sup>	8,4	5,6	4,3	3,3
Продолжительность термообработки (без дополнительных мероприятий), ч	33,6	24,8	12,5	10,0
Расход тепла при термообработке, Гкал/м <sup>3</sup>	0,054	0,081	0,108	0,135

Зарубежный опыт эксплуатации роторно-конвейерных линий в Англии, Франции и ФРГ также позволяет от-

метить их высокую производительность. Так, фирма «Маген» (Франция) на многоцелевых автоматизированных роторно-конвейерных линиях изготавливает 10...50 колонн в час, 60...120 перемычек в час, 100...200 пог. м/ч желобов, сваи, опоры линий электропередачи, шпалы, перегородки, плиты, столбики для сельскохозяйственных культур, траверсы, бордюрные камни, ступени и др.

Ведущими научно-исследовательскими институтами и конструкторско-технологическими организациями нашей страны разрабатываются автоматизированные роторно-конвейерные технологические линии для производства преднапряженных дорожных плит, внутренних стеновых панелей, сантехкабин, безнапорных труб методом радиального прессования, элементов городского благоустройства, перемычек, шахтных затяжек и др.

## Новые изобретения

№ 29\*

А. с. 1414938 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 С 5/04. Арматурный каркас / В. Б. Арончик, А. Я. Игнатан, А. Т. Коротов, В. И. Олейник (СССР); ЛатНИИЭС.

А. с. 1414941 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 G 9/00. Опалубка / А. Ф. Мицкевич, Ю. А. Глущенко (СССР).

А. с. 1414943 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 G 11/02. Опалубка для бетонирования строительных конструкций / А. Н. Платонов (СССР).

А. с. 1414944 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 G 21/12. Установка для изготовления арматуры каркасов / С. С. Опизвак, Г. И. Рычков, Я. П. Пироговский, В. М. Денисов (СССР); Объединение Промстройкомплект Главташкентстроя.

\* См.: Открытия. Изобретения. — 1988.

А. с. 1414945 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 G 21/12. Устройство для крепления канатной арматуры / Р. Ш. Шарипов (СССР); НИИЖБ.

А. с. 1414947 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 G 21/12. Установка для образования анкеров на арматурных стержнях / А. В. Нестеров, Н. Г. Большев, Г. Н. Гринштейн, А. Ф. Тупиков (СССР); КТБ Стройиндустрия.

А. с. 1414948 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 G 21/12. Устройство для навивки арматуры на упоры форм / Е. З. Аксельрод, А. Н. Акимов, С. Н. Блиникова и др. (СССР); НИИЖБ.

А. с. 1414949 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 G 21/12. Устройство для натяжения арматурных элементов / Ю. С. Гуревич, Б. Б. Новичков, А. Б. Мануйлов, С. В. Луконин (СССР); Завод ЖБИ № 18.

## Прочность и трещиностойкость наклонных сечений стеновых панелей

Стеновые панели имеют достаточно большую собственную или совместно с другими панелями высоту, поэтому их следует рассматривать как балки-стенки. Отличие их работы под нагрузкой от работы обычных балок выражается в интенсивном развитии трещин в пролете, что позволяет в предельном состоянии представить их в виде стержневого аналога, в котором наклонные условно выделенные полосы воспринимают сжимающие усилия, а продольная арматура — растягивающие (см. рисунок). При подборе геометрических характеристик стержневого аналога очень важно определить угол наклона сжатой полосы. Для балок-стенок без поперечной арматуры при загрузке сосредоточенными силами этот вопрос рассмотрен в источнике [1].

Для исследования напряженного состояния балок-стенок при действии равномерно распределенной нагрузки проведены численные исследования методом конечного элемента с использованием программы «Лира». В результате установлено, что угол наклона сжатой полосы зависит в основном от соотношения

сторон панелей и составляет 78...63° при  $L/H=1...2$ .

Главные напряжения  $\sigma_2(\sigma_{mt})$  по оси действия усилия  $N_b$  распределяются неравномерно (см. рисунок). Над опорой бетон находится в условиях плоского напряженного состояния сжатия — сжатия, а в средней и верхней по высоте зонах испытывает сжатие с растяжением. Такое напряженное состояние отражается на сопротивлении образованию наклонных трещин и характере разрушения. Над опорной площадью образуются уплотнения в виде клиньев, через которые передается на бетон сжатой полосы сжимающее усилие  $N_b$ . В направлении, перпендикулярном оси действия  $N_b$ , возникают растягивающие напряжения. При достижении ими предельной величины появляются наклонные трещины. Критерием их образования может служить условие

$$\sigma_{mt} = m_1 R_{bt, ser} \quad (1)$$

а трещиностойкость в соответствии с расчетной схемой (см. рисунок) оценивается выражением

$$Q \leq N_{bt, ser} \sin \alpha_1 = m_1 R_{bt, ser} l_t b \sin \alpha_1 \quad (2)$$

где  $m_1$  — коэффициент условий работы бетона по образованию трещин в условиях плоского напряженного состояния:  $m_1 \geq 1$ .

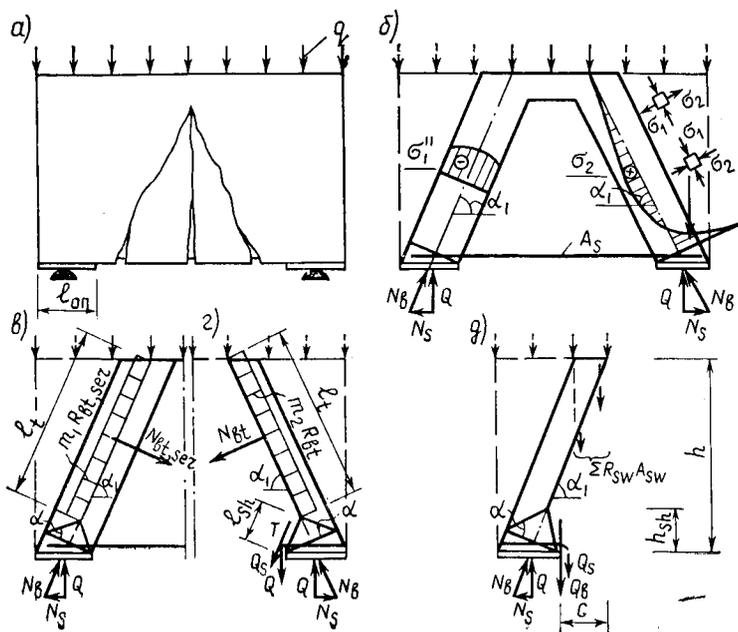
При отсутствии поперечной арматуры наклонная трещина развивается мгновенно по длине  $l_t$  вдоль внутренней грани клина, являющейся плоскостью сдвига, и пересекает продольную арматуру. Такой характер разрушения свидетельствует о том, что сопротивление разрушению обеспечивается работой бетона на растяжение и сдвиг, а продольной растянутой арматуры — на сдвиг. Этому соответствует расчетная схема, показанная на рисунке, а условие прочности с учетом работ [1, 2] записывается в виде

$$Q \leq \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha} (N_{bt} \cos \alpha + T) + Q_s = \\ = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha} (m_2 R_{bt} l_t b \cos \alpha + T) + R_s A_s \cos \alpha_1' \quad (3)$$

где  $m_2 \geq 1$ ;  $\alpha \approx 45^\circ$ ;  $\alpha_1' = \alpha_1/2 + 45^\circ$  [2];  $T = R_{sh} l_{sh} b$ ;  $A_s$  — площадь продольной арматуры.

При армированных наклонных сечениях после образования трещины растягивающие усилия  $N_{bt}$  воспринимает поперечная арматура. Разрушение происходит от сдвига бетона вдоль внутренней грани клина. При этом напряжения в поперечной арматуре могут достигать предельных. Этому состоянию соответствуют расчетная схема на рисунке и условие прочности

$$Q \leq Q_b + Q_s + Q_{sw} = R_{sh} h_{sh} b + R_s A_s \cos \alpha_1' + \Sigma R_{sw} A_{sw} \quad (4)$$



К расчету наклонных сечений стеновых панелей а — схема развития трещин; б — каркасно-стержневая модель; в — схема для расчета по образованию наклонных трещин; г — схема для расчета по прочности неармированных наклонных сечений; д — схема для расчета по прочности армированных наклонных сечений

По формулам (3, 4) рассчитали более 100 опытных образцов с различным армированием из легкого и тяжелого бетона прочностью 20...45 МПа. Прочность бетона при сдвиге  $R_{sh}$  определяли по критерию прочности для плоского напряженного состояния и принимали равным граничному значению  $R_{sh} = 2,2 R_{bt}$ . Сопротивление продольной арматуры в поперечном направлении  $Q_s$  вычисляли с учетом источника [2]. Для упрощения приняли  $l_{sh} \approx h_{sh}$ . В результате получено удовлетворительное совпадение теоретических и опытных данных.

С целью проверки возможности использования выражений (2...4) для расчета панелей из бетонов низкой прочности исследовали образцы с соотноше-

нием сторон 1; 1,5 и 2. При этом установлено, что характер их разрушения такой же, как и панелей из бетонов более высокой прочности (B20 ... B45). Это позволяет рекомендовать формулы (2...4) для расчета панелей из керамзитобетона классов В3,5 ... В10. При этом следует принимать  $\alpha_1 = 63^\circ$ ,  $m_1 = 2,4$ ,  $m_2 = 1,6$ ,  $R_{sh} = 2,2 R_{bt}$ . С учетом этого условие образования наклонных трещин

$$Q \leq 2,14 R_{bt, ser} l_{tb}. \quad (5)$$

Расчет прочности неармированных наклонных сечений рекомендуется производить по зависимости

$$Q \leq R_{bt} b (1,4 l_t + 3,1 h_{sh}) + R_s A_s \cos \alpha'_1, \quad (6)$$

а условие прочности наклонных сечений, армированных поперечной арматурой

$$Q \leq 2,2 R_{bt} b h_{sh} + R_s A_s \cos \alpha'_1 + q_{sw} c, \quad (7)$$

где  $c$  — горизонтальная проекция  $l_t$ .

В результате расчета по выражениям (5...7) типовых панелей каркасных зданий серии 1.020—1/83 установлено, что они обладают повышенной прочностью и трещиностойкостью по наклонным сечениям. Поэтому поперечное армирование может быть уменьшено увеличением шага хомутов до 600 мм, что приведет к экономии стали до 4 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование работы железобетонных балок-стенки при действии поперечных сил / А. С. Залесов, В. Н. Сахаров, А. В. Старчевский, Б. С. Соколов // Новые исследования элементов железобетонных конструкций при различных предельных состояниях. — М.: НИИЖБ, 1982. — С. 60—71.
2. Соколов Б. С. Трещиностойкость и прочность наклонных сечений железобетонных балок-стенок. — М., 1987. — 12 с. — Деп. во ВНИИСиА, № 7619.

## Новые изобретения

№ 29\*

А. с. 1414950 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 G 21/26; Е 04 В 7/14. Способ возведения каркаса сооружений / А. И. Цыганок, А. Н. Кузин, Л. П. Гурбо и др. (СССР); Белорусский ПТИ Монтажспецстрой.

А. с. 1414951 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 G 21/26. Устройство для монтажа колонн с консолями / Б. Г. Макаренко, Б. К. Горлов, В. И. Привин, В. М. Маслов (СССР); ЦНИИОМТП.

А. с. 1414952 СССР, МКИ<sup>3</sup> Е 04 Н 5/08. Сельскохозяйственное здание / М. Т. Холодный (СССР); Симферопольский филиал Днепропетровского инженерно-строительного ин-та.

\* См.: Открытия. Изобретения. — 1988.

## Бетоны

УДК 691.327:666.9.019.3

М. И. БРУССЕР, С. А. ВЫСОЦКИЙ, кандидаты техн. наук, А. М. ЦАРИК, инж. (НИИЖБ)

### Определение сохраняемости

### удобоукладываемости бетонных смесей

Допустимое время выдерживания бетонных смесей до укладки и эффективность механических воздействий, улучшающих свойства бетона, зависят от способности смесей сохранять начальную удобоукладываемость.

В настоящее время четкие критерии сохраняемости смесей отсутствуют. Изложенное в работе [1] предложение оценивать их по длительности периода формирования структуры не увязано со стандартными свойствами смесей, не приведена методика и в рекомендациях [2].

В НИИЖБе проведены эксперименты по ее разработке. Характеристика цемента приведена в табл. 1. В качестве заполнителей использовали речной кварцевый песок с  $M_k = 1,7$  и гранитный щебень фракции 5...20 мм. Составы бетонов представлены в табл. 2.

Первоначально в качестве критерия сохраняемости рассматривали время с момента затворения смеси до достиже-

ния ею минимально допустимой плотности при неизменных режимах уплотнения на виброплощадке, оптимальных для смеси с начальной удобоукладываемостью. По аналогии с минимально допустимым коэффициентом уплотнения по СНиП 3.09.01—85 критическим значением  $K_y$ , определяющим сохраняемость, являлось значение  $\rho_\tau = 0,98 \rho_0$  для жестких и  $\rho_\tau = 0,96 \rho_0$  для подвижных смесей. Из рис. 1 следует, что независимо от вида цемента и начальной удобоукладываемости кривые  $\rho_\tau / \rho_0 = f(\tau)$  имеют одинаковый вид. В ходе экспериментов плотность существенно не снизилась.

С учетом малой чувствительности плотности смеси к моменту приложения вибрационных воздействий в качестве критерия предложено время, в течение которого жесткость смеси возрастает от нижней до верхней границы, а подвижность снижается от верхней до нижней границы в пределах заданного конкрет-

Таблица 1

Вяжущее	Остаток на сите 008, %	$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /кг	Н. Г., %	Сроки схватывания, ч-мин	Активность по ГОСТ 310—81
Камень-Подольский ПЦ	6,8	312	25,5	1—52/2—54 <sup>1</sup>	51,9/— <sup>2</sup>
Воскресенский ПЦД	10,4	376	26,0	2—10/4—00	40,4/—
Белгородский ПЦ	15,0	230	22,75	4—00/5—15	3,5/23,5
Бесалит	—	490	32,25	0—26/0—43	45,5/—
Рыбницкий ПЦ	12,2	385	25,5	1—43/2—30	—/43,3

Примечания: 1. Перед чертой — начало схватывания; после черты — конец схватывания. 2. Перед чертой — при нормальном твердении; после черты — при пропаривании.

Таблица 2

Состав	Цемент	В/Ц	Расходы материалов, кг/м <sup>3</sup>				О. К., см	Т, °С
			Ц	В	П	Щ		
1	Камень-Подольский ПЦ	0,5	350	175	675	1200	7—8	15—18
2	Воскресенский ПЦД	0,38	590	236	474	1100	6	13—14
3		0,50	446	223	530	1200	9—10	15
4		0,65	322	208	663	1206	15	13—14
5	Белгородский ПЦ	0,5	410	205	585	1200	10—11	11—12
6		0,5	430	215	555	1200	16—17	11—12
7	Бесалит	0,55	376	207	570	1260	12	18—20
8	Рыбницкий ПЦ	0,5	370	185	645	1200	8—10	18—20

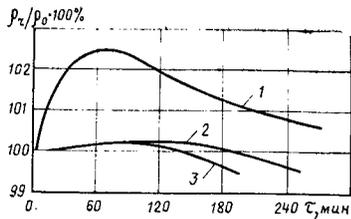


Рис. 1. Кинетика изменения плотности бетонных смесей  
1 — О. К.<sub>0</sub> = 9 см; 2 — Ж<sub>0</sub> = 5 с; 3 — Ж<sub>0</sub> = 11 с

ной технологией класса удобоукладываемости.

Например, для смеси П<sub>2</sub> по ГОСТ 7473—85 за сохраняемость следует принимать время, в течение которого О.К. с 9 см после приготовления смеси снизится до 5 см (или, что то же с учетом точности определения О. К., до 4 см — верхней границы соседнего класса)

$$t_{9-4}^c = t_9 - t_4,$$

где  $t_{9-4}^c$  — сохраняемость смеси класса П<sub>2</sub>, мин;  $t_9, t_4$  — момент времени, в который О.К. = 9 и 4 см.

Предпосылкой такого подхода является сохранение эффективности заданного способа уплотнения смеси при изменении ее удобоукладываемости в пределах одного и того же класса. Целесообразно также за критерий сохраняемости принимать время, в течение которого удобоукладываемость снижается от среднего значения для заданного класса до соответствующего среднего значения соседнего класса (в рассмотренном примере с 7 до 2,5 см).

Затем установили методические особенности определения сохраняемости. Смеси перемешивали в смесителе гра-

витационного типа при объемах замесов до 60..70 л, разделяли на отдельные пробы по 7..10 л и хранили при постоянной температуре в условиях, исключающих испарение. Перед испытаниями пробу выгружали на влажный противень, разрыхляли и перемешивали в течение 30 с для усреднения пробы и обеспечения возможности заполнения формы и конуса. После заполнения конус выдерживали 25..30 с, затем определяли О.К., а также распылв на встряхивающем столике по стандарту ГДР TGL 21093/02.

В зависимости от принятой методики, вида цемента, начальной удобоукладываемости, температуры смеси и других факторов характер изменения удобоукладываемости во времени и величина сохраняемости могут быть различными. Для смесей на Белгородском ПЦ при использовании одной и той же и различных проб смеси и при пониженной температуре (14°C) кривые  $P=f(\tau)$  в начальный период (до 1 ч) совпадают. При дальнейшем выдерживании появляются различия, которые в период 4..6 ч могут достигать 3..4 см (рис. 2). Более значительное снижение подвижности характерно для испытаний на одной и той же пробе смеси. При увеличении начальной подвижности различия возрастают.

При определении сохраняемости на одной и различных пробах смеси на Воскресенском ПЦД получены одинаковые результаты (рис. 3). На расположение кривых одной и той же пробы влияет взаимодействие двух факторов — непродолжительного, но сравнительно частого перемешивания, разжижающего смесь, и несколько улучшающего удо-

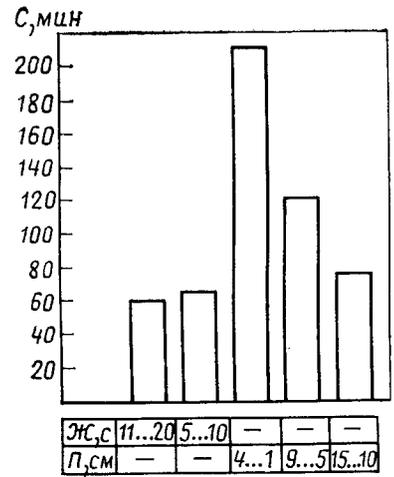


Рис. 4. Сохраняемость бетонных смесей в зависимости от их начальной удобоукладываемости

букладываемость. С другой стороны, при каждом испытании происходит активизация частичек вяжущего, освобождение зерен от оболочек новообразований, облегчение их гидратации и ускорение схватывания.

Для смеси на Белгородском ПЦ, отличающемся низкой дисперсностью и замедленным структурообразованием (см. табл. 1), преобладают факторы, интенсифицирующие гидратацию. В начальный период они проявляются незначительно, поскольку слабо выражен экранирующий эффект гидратных оболочек, а число дополнительных перемешиваний невелико. В дальнейшем роль каждого перемешивания возрастает, а эффект их накапливается.

Повышение температуры нивелирует различия между использованием одной

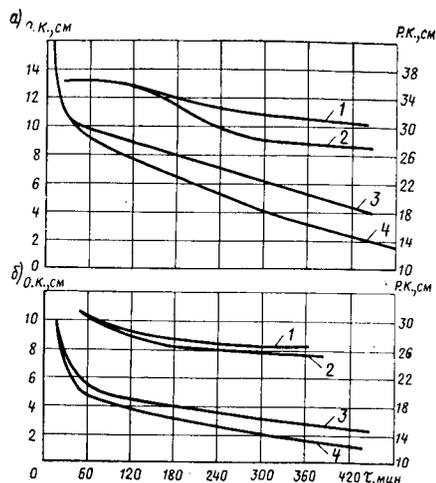


Рис. 2. Кинетика изменения подвижности бетонных смесей на Белгородском ПЦ  
а — О. К.<sub>0</sub> = 16..17 см (состав № 6 по табл. 2); б — О. К.<sub>0</sub> = 10 см (состав № 5 по табл. 2); 1, 2 — распылв конуса; 3, 4 — осадка конуса; 1, 3 — на разных порциях смеси; 2, 4 — на одной порции

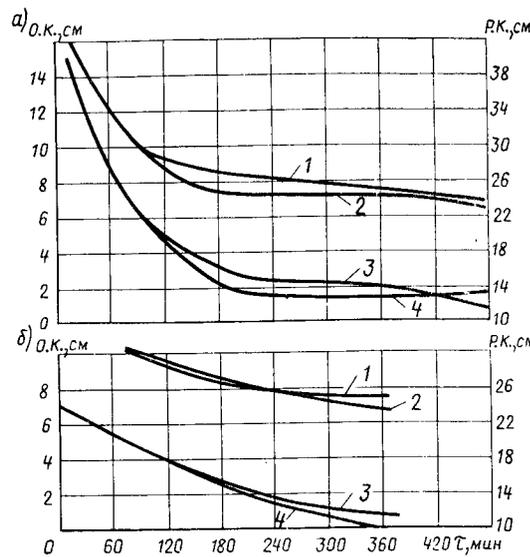


Рис. 3. Кинетика изменения подвижности бетонных смесей на Воскресенском ПЦД  
а — О. К.<sub>0</sub> = 15 см (состав № 4 по табл. 2); б — О. К.<sub>0</sub> = 6 см (состав № 2 по табл. 2); 1, 2 — распылв конуса; 3, 4 — осадка конуса; 1, 3 — на одной порции смеси; 2, 4 — на разных порциях

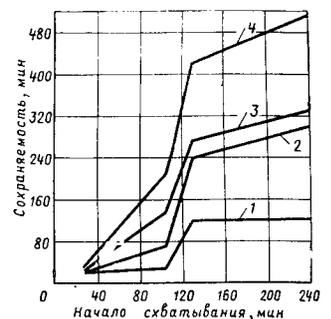


Рис. 5. Взаимосвязь сохраняемости бетонных смесей с В/Ц = 0,5 и начала схватывания цемента по ГОСТ 310—81

1 —  $t_{9-5}^c$ ; 2 —  $t_{7-2,5}^c$ ; 3 —  $t_{4-1}^c$ ; 4 —  $t_{9-1}^c$

и той же и различных проб смеси, причем при температуре 20°C и более сохраняемость различается незначительно. Поэтому в подобных условиях, а также с учетом высокой трудоемкости испытаний рекомендуется использовать одну и ту же пробу.

Экспериментами установлено, что наибольший показатель сохраняемости смесей характерен для смесей с О.К. = 1...4 см (рис. 4); при использовании высокоподвижных, и особенно жестких смесей, он уменьшается. Полученные значения сохраняемости значительно ниже определенных по кривым изменения плотности, что свидетельствует об эффективности предложенного способа. Выявлено также соответствие характера изменения сохраняемости смесей различной подвижности и сроков схватывания цементного теста (рис. 5).

Погрешность сохраняемости устанавливали при испытаниях трех проб смесей с О.К. = 8...10 см. Коэффициент вариации сохраняемости подвижных смесей находился в пределах 5...15% и не превышал значений, наблюдаемых при определении подвижности. Абсолютная ошибка, подсчитанная по формулам  $\pm 1,64\sigma$  для 95%-ной и  $\pm 1,28\sigma$  для 90%-ной обеспеченности результатов, составляет 15...22 и 19...29 мин для сохраняемости в диапазоне 9...5 и 7...2,5 см. Аналогичный вывод справедлив и для жестких смесей при несколько большей изменчивости показателя сохраняемости. Допустимое отклонение частных результатов определения сохраняемости можно принять по аналогии с допустимым отклонением при отыскании удобоукладываемости, равным 20% по ГОСТ 10181.0—81. При больших отклонениях двух частных результатов целесообразно исследовать новую пробу смеси.

#### Выводы

Предложенную методику установления сохраняемости удобоукладываемости бетонных смесей, простую и достаточно хорошо проверенную, рекомендуется включить в ГОСТ 10181.0—81 — ГОСТ 10181.4—81 и применять в исследовательской практике и на производстве.

На основе полученных данных в настоящее время разрабатывают классификацию бетонных смесей по сохраняемости удобоукладываемости, которую предполагается внести в ГОСТ 7473—85 и использовать для нормирования свойств смесей при производстве бетонных работ и формировании изделий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Урьев Н. Б., Дубинин И. С. Коллоидные цементные растворы. — Л.: Стройиздат, 1980. — 191 с.
2. Рекомендации по приготовлению бетонных смесей повышенной сохраняемости с химическими добавками. — М.: НИИЖБ, 1982. — 25 с.

## В помощь проектировщику

УДК 624.15

А. Н. ТЕТИОР, д-р техн. наук, И. М. ДЬЯКОВ, инж. (Симферопольский филиал Днепропетровского инженерно-строительного ин-та)

### Расчет на продавливание отдельно стоящих фундаментов колонн

В соответствии с действующими нормами продавливание фундаментов рассчитывают в предположении отрыва пирамиды с боковой поверхностью, наклоненной под углом 45° [1]. Опыты некоторых авторов свидетельствуют о наличии значительного запаса прочности фундаментов, влиянии процентов армирования, образовании и развитии наклонных трещин на их несущую способность и других отклонениях от принятой системы расчета. В последние годы возникли новые взгляды на процесс разрушения фундаментов — выделяют разрушение по наклонному сечению (продавливание), по нормальному сечению и вследствие среза сжатой зоны бетона у колонн. За расчетный принимают первый случай потери несущей способности фундамента. Разрушение считается результатом образования наклонной трещины и дробления бетона сжатой зоны над нормальной трещиной по грани колонны в наклонном направлении, а образование пирамиды следствием данного процесса. При этом расчет на продавливание и по наклонному сечению осуществляют по единой методике. Однако еще нет опытных данных по продавливанию фундаментов при внецентренном приложении нагрузки, не проводились исследования напряженно-деформированного состояния сжатой зоны бетона у колонны.

С целью изучения работы столбчатых фундаментов на продавливание при действии внешней нагрузки без эксцентриситета и с эксцентриситетом были выполнены экспериментальные и теоретические исследования. Для экспериментов использовали силовой грунтовой лоток размером 4×4 м, высотой 3 м, заполненный среднесернистым песком плотностью  $\gamma = 1,85 \text{ т/м}^3$  (см. рис. 1 и таблицу). При этом замеряли внешнюю нагрузку, прогибы конструкций относительно колонны, осадку фундаментов, деформации арматуры, напряжения в сжатой зоне бетона. Для этого использова-

ли индикаторы ИЧ-10 и прогибомеры 6ПАО, проволочные тензорезисторы с базой 20 мм в комплекте с прибором АИД-4, а также разработанные СПКБ НИИС Госстроя ЭССР датчики напряжения бетона М20 с измерительным прибором ВРМ-1 [2].

Фундаменты монтировали на перекопанном и послойно уплотненном после каждого опыта песке. На верх колонны прикладывали ступенями статическую нагрузку 5...10% теоретической разрушающей, которую выдерживали 45 мин. В ходе экспериментов наблюдали за образованием и раскрытием трещин, за характером разрушения конструкций. После окончания опытов изучали расположение трещин и схему деформирования контактной поверхности. Часть образцов распиливали в продольном направлении на камнепильном станке для обследования внутреннего трещинообразования.

При нагружении образцов отмечались изгиб плиты фундамента и вертикальное смещение колонны относительно плиты. Процесс трещинообразования начинался с возникновения нормальных трещин в сечении по коротким граням колонны, а у внецентренно нагруженных фундаментов — по грани колонны со стороны эксцентриситета внешней силы. Момент появления нормальных трещин соответствовал уровню нагрузки 20...40% разрушающей.

В растянутой арматуре центрально нагруженных фундаментов напряжения приближались к пределу текучести сначала в нормальных сечениях по коротким граням колонны. С дальнейшим ростом внешней нагрузки отмечался быстрый рост напряжений в арматуре в наклонных сечениях. Их величина к моменту разрушения была близка или соответствовала пределу текучести арматуры. В арматуре внецентренно нагруженных фундаментов с большим эксцентриситетом приложения силы напряжения достигали предела текучести

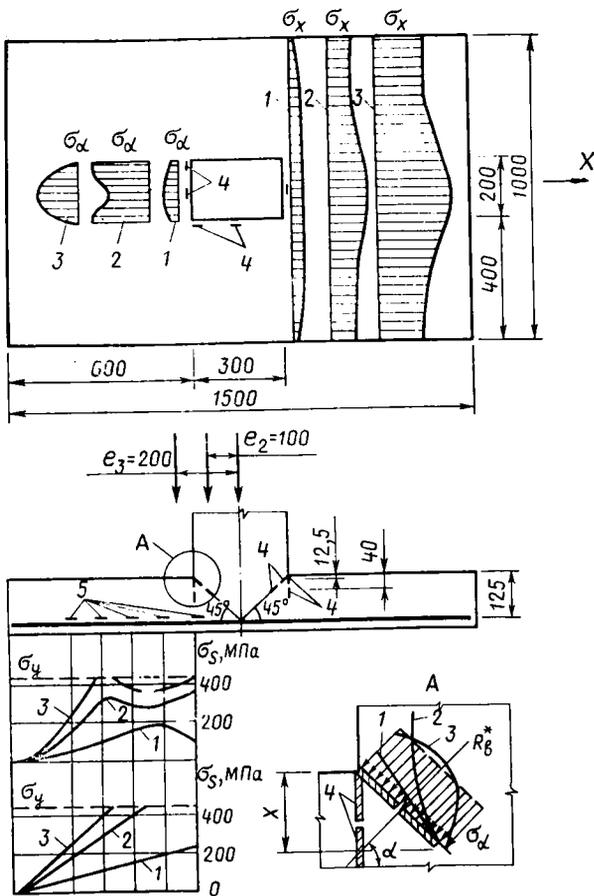


Рис. 1. Конструкция опытных образцов, схема приложения нагрузки и расстановки датчиков, эпюры напряжений в бетоне и арматуре

1 — эпюры напряжений при нагрузке 30% разрушающей; 2 — то же, при нагрузке 60% разрушающей; 3 — то же, при нагрузке 90% разрушающей; 4 — датчики напряжения бетона; 5 — тензорезисторы;  $\sigma_x$  — напряжения в сжатой зоне бетона нормального сечения по грани колонны;  $\sigma_\alpha$  — напряжения в сжатой зоне бетона у грани колонны в направлении наклонной трещины;  $\sigma_s$  — напряжения в арматуре

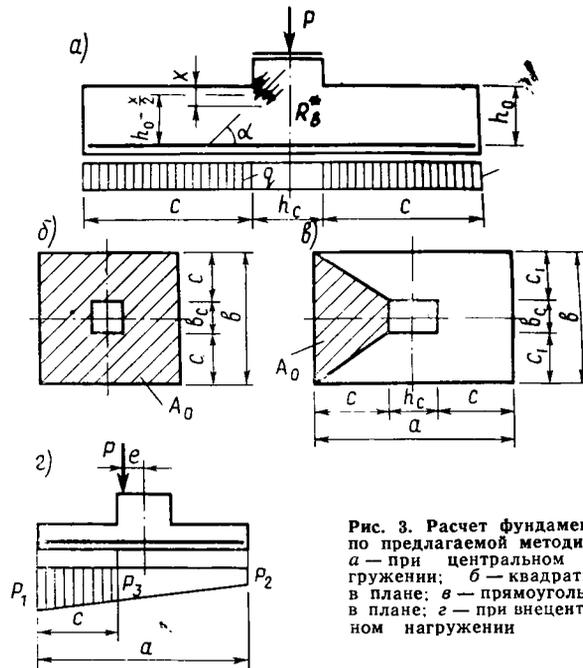


Рис. 3. Расчет фундаментов по предлагаемой методике а — при центральном нагружении; б — квадратных в плане; в — прямоугольных в плане; г — при внецентральном нагружении



Рис. 2. Внутренние трещины в образцах после испытаний

только в нормальном сечении по наиболее нагруженной короткой грани колонны, а в образцах с малым эксцентриситетом кроме того и в наклонном сечении с той же стороны колонны (см. рис. 1). Напряжения в арматуре короткого направления возрастали более медленно по сравнению с напряжениями в арматуре длинного направления.

Высота сжатой зоны бетона в нормальных сечениях по граням колонны превышала высоту сжатой зоны, рассчитанную по СНиПу в 1,5...2 раза, что вызвано дополнительными сжимающими усилиями от сил трения по подошве фундамента и кольцевого распора вокруг колонны, образующегося из-за пространственного изгиба плиты фундамента. Процесс деформирования и разрушения образцов сопровождался постоянным перераспределением напряжений в бетоне. По высоте сечения сжатой зоны бетона напряжения возрастали неравномерно. На начальных этапах нагружения быстрее увеличивались напряжения в верхней части сжатой зоны. При нагрузках, близких к разрушающим, напряжения по высоте сжатой зоны выравнивались как в нормальных, так и в наклонных сечениях, что позволяет их эпюры в расчетах принимать прямоугольной (см. рис. 1).

Дробление бетона сжатой зоны происходило сначала по коротким сторо-

нам колонны, а при наличии момента — по одной, наиболее нагруженной стороне. При этом главные сжимающие напряжения в бетоне в зоне хрупкого разрушения в 2...2,5 раза превышали прочность на сжатие. Процесс разрушения протекал от углов грани к ее центру по ходу перераспределения напряжений. Вслед за разрушением бетона под короткими сторонами колонны резко возросли напряжения под длинными сторонами, величина которых до этого момента была мала. С увеличением эксцентриситета приложения нагрузки такое перераспределение напряжений проявлялось менее значительно, а напряжения в сжатой зоне бетона под менее нагруженной гранью колонны не достигали значений, близких к разрушающим.

Разрушение образцов носило хрупкий характер, в процессе которого колонна с характерным потрескиванием смещалась относительно плиты. Внутренние трещины после испытания некоторых образцов показаны на рис. 2. Конфигурация граней пирамиды продавливания имела криволинейный характер с углом наклона, изменяющимся в широких пределах. Наклонные трещины в верхней части сжатой зоны изменили направления к углу колонны, что вызвано отсутствием другой возможности отделения пирамиды от плиты и чему способствовало наличие микротрещин вдоль наклонных трещин в сжатой зоне бетона. При больших эксцентриситетах внешней нагрузки происходило изгибное разрушение образцов по грани колонны.

Опыты позволили выявить наиболее существенные особенности разрушения отдельно стоящих прямоугольных в плане фундаментов. По наклонному сечению оно происходит сначала по коротким сторонам колонны. Эпюра главных сжимающих напряжений в бетоне сжатой зоны по наклонному сечению в стадии разрушения близка к равномерной. Высота сжатой зоны в 1,5...2 раза больше рассчитываемой по нормам. Поперечную силу воспринимают участки сжатой зоны бетона над нормальной трещиной в сечениях по граням колонны. При росте эксцентриситета для одинаковых фундаментов наблюдается переход от разрушения по наклонному сечению к изгибному разрушению. Напряжения в бетоне сжатой зоны и арматуре растянутой зоны в плане распределены неравномерно, концентрируются у колонны. Тело продавливания мо-

$R_s$ , МПа	$A_s$ , см <sup>2</sup>	$R_b$ , МПа	$R_{bt}$ , МПа	$e$ , см	Расчетная прочность фундаментов по методике СНиПа, кН	Опытная разрушающая нагрузка, кН	Прочность при расчете по предлагаемой методике, $P_3$ , кН	$k = \frac{P_2}{P_{\Phi 2}}$	$k = \frac{P_3}{P_{\Phi 2}}$
438	5,5	14,1	1,34	0	236,1/212,9 <sup>1</sup>	-/395,0 <sup>2</sup>	363,7	0,54	0,98
438	5,5	22,4	1,82	10	193,1/214,3	-/322,2	284,9	0,66	0,88
438	5,5	16,7	1,49	20	154,5/134,3	220,0/-	234,5	—	—
438	5,5	22,4	1,82	20	157,3/134,4	-/310,0	234,5	0,43	0,76
438	9,9	10,3	1,08	0	267,5/164,3	-/660,0	656,7	0,25	0,99
438	9,9	10,3	1,08	20	1 2,4/256,9	202,5/-	423,4	—	—

Примечания: 1. Перед чертой — на изгиб ( $P_1$ ), после черты — на продавливание ( $P_2$ ).  
2. Перед чертой — при разрушении от изгиба ( $P_{\Phi 1}$ ), после черты — от продавливания ( $P_{\Phi 2}$ ).

жет иметь криволинейную форму с углом наклона магистральной трещины, колеблющимся в широких пределах. Работа участка бетона над нормальной трещиной по наклонному направлению аналогична работе бетона на смятие: сжимающие напряжения действуют на части сечения бетона, ограниченного с трех сторон, поэтому прочность бетона при этом  $R_b^* > R_b$ .

Расчет прочности фундаментов с учетом изложенного заключается в определении прочности участка бетона над нормальной трещиной в сечении по короткой грани колонны в направлении наклонной трещины (при внецентренной нагрузке — в сечении по наиболее нагруженной короткой грани колонны). Расчетная схема представлена на рис. 3. В общем случае

$$\frac{\Sigma p}{\sin \alpha} = b_c x^* \cos \alpha R_b^*, \quad (1)$$

где  $x^* = k R_s A_s / R_b b \leq 0,5 h_0$ ;  $k$  — коэффициент, учитывающий увеличение высоты сжатой зоны бетона в нормальном сечении по короткой грани колонны вследствие влияния дополнительных сжимающих усилий от сил трения по подошве фундамента и кольцевого распора вокруг колонны,  $k = 1,45$ .

Принимая на основании экспериментальных данных  $R_b^* = 2,5 R_b$ ,  $\sin \alpha \cos \alpha = 0,5$  и проведя соответствующие преобразования, получим для квадратных в плане фундаментов

$$P = 7,3 \frac{b b_c R_s A_s}{b^2 - b_c^2}, \quad (2)$$

для прямоугольных в плане фундаментов при центральной нагрузке

$$P = 3,6 \frac{b_c a R_s A_s}{(b - b_c) a}, \quad (2')$$

для прямоугольных в плане фундаментов при внецентренной нагрузке

$$P = \frac{10,9 a b_c R_s A_s}{c F},$$

$$\text{где } F = \left(1 + \frac{6 e h_c}{a^2}\right) (b + 2 b_c) + \left(1 + \frac{6 e}{a}\right) (b_c + 2 b). \quad (2'')$$

### Выводы

Продавливание фундаментов при центральной и внецентренной нагрузках сопровождается перераспределением напряжений в сжатой зоне бетона (в плане и по высоте) и в растянутой арматуре.

Фактические разрушающие усилия при продавливании в 1,5 и более раза превышают несущую способность фундаментов на продавливание, определенную нормами.

Внешнее усилие на продавливание воспринимает не все сечение бетона, а только сжатая зона, высота которой существенно больше, чем по нормам.

Главные сжимающие напряжения в наклонном сечении по грани колонны вначале распределены неравномерно, однако к моменту продавливания их эпюра выравнивается.

Для прямоугольных в плане фундаментов продавливание в первую очередь происходит по коротким сторонам колонны.

При росте эксцентриситета внешней силы наблюдается переход от разрушения в форме продавливания к изгибному разрушению.

Предложенный способ позволяет не только приблизить расчетную модель к фактическому процессу разрушения, но и повысить расчетную нагрузку при продавливании или уменьшить класс бетона (снизить расход цемента).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Тетриор А. Н., Родин С. В. К вопросу о реальных механизмах разрушения столбчатых фундаментов // Бетон и железобетон. — 1984. — № 2. — С. 22—23.
- Саммал О. Ю. Напряжения в бетоне и прогнозирование технических ресурсов в бетонных и железобетонных конструкциях и сооружениях. — Таллин: Валгус, 1980. — 203 с.

## Методика расчета стержневых конструкций с учетом деформаций сдвига

В методике СНиП 2.03.01—84 влияние поперечных сил на деформации поперечных элементов учитывают приближенно, а влияние кручения не учитывают вовсе. Рассмотрим построение более стройной расчетной методики.

Допустим, что балка подвергается действию моментов  $M$ , нормальных  $N$  и поперечных  $Q$  сил (рис. 1).

Реальные эпюры напряжений представим ступенчатыми, разделив условно сечение на  $i$  полосок малой толщины (см. рис. 1)

$$\left. \begin{aligned} M &= \sum_i \sigma_{x(i)} A(i) z(i); \\ N &= \sum_i \sigma_{x(i)} A(i); \\ Q &= \sum_i \tau(i) A(i), \end{aligned} \right\} (1)$$

где  $A(i)$  — площадь сечения полоски  $i$ .

Примем, что полный прогиб

$$f = f_m + f_g, \quad (2)$$

где  $f_m$  — прогиб от чистого (классического изгиба);  $f_g$  — дополнительный прогиб от сдвига.

Прогибы  $f_m$  определяют на основании гипотезы плоских сечений (рис. 2). Из рис. 2, учитывая, что относительная

деформация волокон на уровне оси  $x$   $\epsilon_0 = dU_0/dx$ , относительная деформация волокон на уровне  $z(i)$   $\epsilon_{x(i)} = dU/dx$ , кривизна  $\kappa = d^2 f_m/dx^2 = 1/\rho$ ,

$$\epsilon_{x(i)} = \epsilon_0 + z(i) \kappa. \quad (3)$$

В действительности касательные напряжения искривляют сечения (см. рис. 2). Однако, как отмечалось например в источнике [1], если для расположенных на малом расстоянии сечений эти искривления одинаковы, то относительные деформации волокон, вычисленные с учетом искривления и по гипотезе плоских сечений, также будут равны ( $m'n' = \tilde{m}\tilde{n}'$ ) (см. рис. 2).

Прямые углы между вертикальными и горизонтальными волокнами (сечениями) в процессе изгиба искажаются вследствие сдвигов, вызывая взаимный поворот сечений и дополнительный прогиб  $f_g$ . Из рис. 2

$$df_g = \gamma_0 dx, \quad (4)$$

где  $\gamma_0$  — угол взаимного смещения (сдвига) сечений на малом расстоянии  $dx$ .

В действительности смещаются на плоские ( $p''s''$ ,  $r''k''$ ), а аналогичные им искривленные сечения. Однако интегральный угол  $\gamma_0$  при этом одинаков ( $\gamma_0 dx \approx \approx d\tilde{f}_g \approx d\tilde{f}_g$ ), если линии  $p''s''$  и  $r''k''$  не

удлиняются или укорачиваются одинаково, что обычно выполняется. Заметим также, что угол  $\gamma_0$  не отождествляется с реальными углами сдвига  $\gamma_{xz}$  (для срединных полосок сечений они обозначены  $\gamma(i)$ ). Связь между  $\gamma(i)$  и  $\gamma_0$  зададим некоторой, пока неизвестной функцией  $\beta(i)$

$$\gamma(i) = \gamma_0 \beta(i). \quad (5)$$

Связь между относительными деформациями  $\{\epsilon\} = \{\epsilon_{x(i)}, \epsilon_{z(i)}\}^T$  и напряжениями  $\{\sigma\} = \{\sigma_{x(i)}, \sigma_{z(i)}, \tau(i)\}^T$  в полоске  $i$  примем согласно работе [2]

$$\{\sigma\} = [d] \{\epsilon\}, \quad (6)$$

где  $d_{hj(i)}$  — коэффициенты жесткости (симметричной матрицы  $[d]$ , зависящие от стадии работы полоски (до или после появления трещин), армирования, нелинейности диаграмм связи между напряжениями и деформациями, сцепления, углов наклона трещин, частичного зацепления берегов трещин и других факторов.

Развернув выражение (6) с учетом зависимости (5):

$$\begin{cases} \sigma_{x(i)} \\ \tau(i) \end{cases} = \begin{bmatrix} \tilde{d}_{11(i)} & \tilde{d}_{13(i)} & \tilde{d}_{12(i)} \\ \tilde{d}_{13(i)} & \tilde{d}_{33(i)} & \tilde{d}_{23(i)} \end{bmatrix} \begin{cases} \epsilon_{x(i)} \\ \gamma_0 \beta(i) \\ \epsilon_{z(i)} \end{cases}, \quad (7)$$

где коэффициенты  $\tilde{d}_{hj(i)}$  выражаются через  $d_{hj(i)}$ , например

$$\tilde{d}_{11(i)} = d_{11(i)} - \frac{d_{12(i)}^2}{d_{22(i)}}. \quad (8)$$

Угол  $\gamma_0$  определим, используя условие эквивалентности по источнику [1], ко-

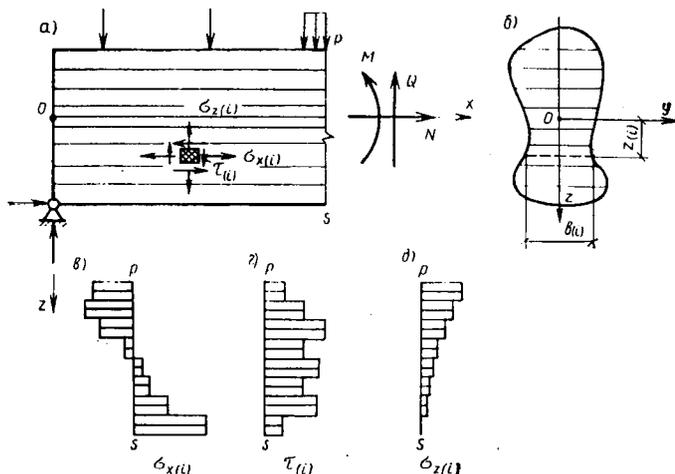


Рис. 1. Элемент стержня (а) симметричного относительно плоскости  $xz$  поперечного сечения (б) с разделением на условные полоски (слои) и расчетные эпюры напряжений (в, г, д)

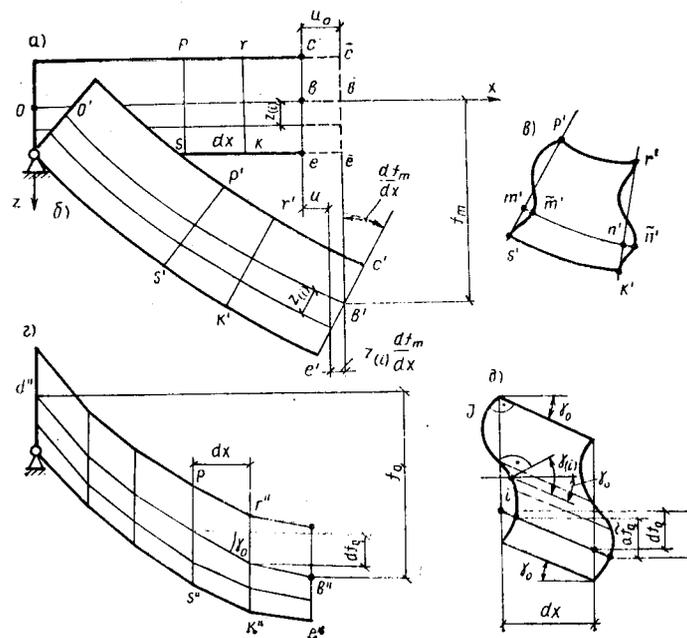


Рис. 2. Элемент стержня (а), расчетные (б, г) и действительные (в, д) схемы его деформирования

торое выражается в равенстве работы поперечной силы  $Q$  на перемещении  $df_g$  ( $W = 1/2 Q df_g = 1/2 Q \gamma_0 dx$ ) и работы касательных напряжений  $\tau_{(i)}$  на углах сдвига  $\gamma_{(i)}$  ( $W = \frac{1}{2} \sum_i \tau_{(i)} \gamma_{(i)} A_{(i)} dx$ ), откуда

$$Q \gamma_0 = \sum_i \tau_{(i)} \gamma_{(i)} A_{(i)}. \quad (9)$$

Внося систему (7) в зависимости (1), (9), получим окончательную систему физических соотношений:

$$\begin{Bmatrix} M \\ N \\ Q \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} m^* \\ n^* \\ g^* \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} \\ D_{12} & D_{22} & D_{23} \\ D_{13} & D_{23} & D_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_0 \\ \epsilon_0 \\ \gamma_0 \end{Bmatrix}, \quad (10)$$

где  $D_{kj}$  — жесткости, зависящие от  $\tilde{d}_{kj(i)}$ ,  $z_{(i)}$ ,  $A_{(i)}$ ,  $\beta_{(i)}$ , например:

$$\left. \begin{aligned} D_{11} &= \sum_i \tilde{d}_{11(i)} z_{(i)}^2 A_{(i)}; \\ D_{33} &= \sum_i \beta_{(i)}^2 \tilde{d}_{33(i)} A_{(i)}; \\ D_{13} &= \sum_i \beta_{(i)} \tilde{d}_{13(i)} z_{(i)} A_{(i)}; \end{aligned} \right\} (11)$$

$$\left. \begin{aligned} m^* &= \sum_i \tilde{d}_{12(i)} z_{(i)} \sigma_z(i) A_{(i)}; \\ n^* &= \sum_i \tilde{d}_{12(i)} A_{(i)} \sigma_z(i); \\ g^* &= \sum_i \tilde{d}_{23(i)} \sigma_z(i) A_{(i)}. \end{aligned} \right\} (12)$$

Дополнительно можно учесть и деформацию швов. Допустим, что балка разделена по высоте  $j$  горизонтальными швами. Введем обозначения:  $q_{(j)}$  — взаимный сдвиг контактирующих через шов поверхностей;  $a_{(j)}$  — жесткость шва сдвигу ( $\tau_{(j)} = q_{(j)} a_{(j)}$ );  $b_{(j)}$  — ширина сечения в месте шва;  $\beta_{ш(j)} = q_{(j)}/\gamma_0$ . Влияние швов проявится в том, что к правой части выражения (9) добавится слагаемое  $\sum_j \tau_{(j)} b_{(j)} q_{(j)}$ , а к формуле для

$$D_{33} \text{ — слагаемое } \sum_i \beta_{ш(j)}^2 b_{(j)} a_{(j)}.$$

Проецируя силы, приложенные к граням заштрихованного на рис. 3 элемента ( $s m n k$ ), на ось  $x$ ,

$$\tau_k = \frac{0,5 d \sigma_{x(k)} A_{(k)}}{b_{(k)} dx} + \frac{\sum_{i=1}^{k-1} d \sigma_{x(i)} A_{(i)}}{b_{(k)} dx}, \quad (13)$$

где  $\tau_k$  — касательные напряжения на уровне середины произвольного слоя  $k$ , принятые равномерно распределенными по ширине  $b_{(k)}$  слоя;  $d \sigma_{x(i)}$  — приращения нормальных напряжений,

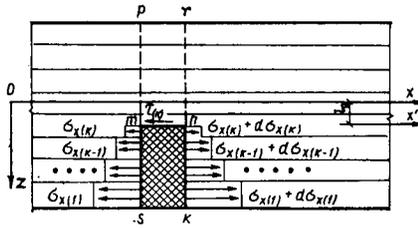


Рис. 3. К определению касательных напряжений

Физические зависимости (6) можно записать и выразив деформации через напряжения, например,

$$\epsilon_x(i) = c_{11(i)} \sigma_x(i) + c_{12(i)} \sigma_z(i) + c_{13(i)} \tau_{(i)}, \quad (14)$$

где  $c_{sj(i)}$  — коэффициенты податливости.

Предположим, что поперечная сила  $Q$  (касательные напряжения  $\tau_{(i)}$ ), а также напряжения  $\sigma_z(i)$  и коэффициенты податливости на участке  $dx$  не изменяются, тогда

$$\epsilon_x(i) + d \epsilon_x(i) \approx c_{11(i)} (\sigma_x(i) + d \sigma_x(i)) + c_{12(i)} \sigma_z(i) + c_{13(i)} \tau_{(i)}. \quad (15)$$

Вычитая из выражения (15) формулу (14),

$$d \epsilon_x(i) = c_{11(i)} d \sigma_x(i). \quad (16)$$

Для упрощения зависимостей введем ось  $x'$ , расположенную ниже оси  $x$  на  $e_0$ . Приращения деформаций  $d \epsilon_{x(i)}$  выражаются через  $d \epsilon_0^*$  на уровне оси  $x'$  и  $d \chi$  по аналогии с выражением (2), т. е.

$$d \epsilon_{x(i)} = d \epsilon_0^* + d \chi (z_{(i)} - e_0). \quad (17)$$

Подставляя формулу (17) в зависимость (16), найдем  $d \sigma_{x(i)}$ . Затем  $d \sigma_{x(i)}$  внесем в выражение (1), заменяя  $M$ ,  $N$  и  $z_{(i)}$  на  $dM$ ,  $dN$  и  $(z_{(i)} - e_0)$ , выбирая  $e_0$  таким образом, чтобы  $\sum_i [A_{(i)} (z_{(i)} - e_0) / c_{11(i)}] = 0$ , в результате

$$dM = D_{11}^* d \chi; \quad dN = D_{22}^* d \epsilon_0^*, \quad (18)$$

где

$$D_{11}^* = \sum_i \frac{A_{(i)} (z_{(i)} - e_0)^2}{c_{11(i)}};$$

$$D_{22}^* = \sum_i \frac{A_{(i)}}{c_{11(i)}}.$$

При этом на участке  $dx$  сила  $N$  постоянна, поэтому  $dN = 0$ . Из формул (18) следует, что  $d \epsilon_0^* = 0$ . Внося  $d \chi$  из зависимостей (18) в выражение для  $d \sigma_{x(i)}$  и учитывая, что  $d \epsilon_0^* = 0$ ,

$$d \sigma_{x(i)} = \frac{dM (z_{(i)} - e_0)}{D_{11}^* c_{11(i)}}. \quad (19)$$

Подставляя  $dM = Q dx$  в выражение (19), а затем  $d \sigma_{x(i)}$  в формулу (13),

$$\tau_k = \frac{Q}{D_{11}^* b_{(k)}} \left[ \frac{A_{(k)} (z_{(k)} - e_0)}{2 c_{11(k)}} + \sum_{i=1}^{k-1} \frac{A_{(i)} (z_{(i)} - e_0)}{c_{11(i)}} \right]. \quad (20)$$

Вычислив касательные напряжения  $\tau_{(i)}$ , можно установить  $\gamma_{(i)}$ , подсчитать  $\gamma_0$  по формуле (9) и  $\beta_{(i)}$  по зависимости (5).

Аналогично рассмотрим решение и наиболее общей задачи. Допустим, что стержень подвергается действию нормальной силы  $N$ , крутящего момента  $T$ , изгибающих моментов  $M_x$ ,  $M_z$  и поперечных сил  $Q_y$ ,  $Q_z$  (рис. 4). Разделим сечение стержня на  $ij$  малых прямоугольников площадью  $A_{(ij)}$ , тогда:

$$T = \sum_{ij} (\tau_{xy(ij)} z_{(ij)} + \tau_{xz(ij)} y_{(ij)}) A_{(ij)}; \quad (21)$$

$$M_z = \sum_{ij} \sigma_x(ij) A_{(ij)} y_{(ij)}.$$

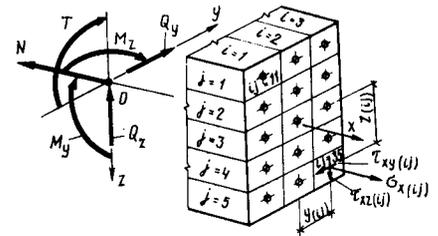


Рис. 4. Общий случай напряженного состояния железобетонного стержня

Геометрические зависимости (3), (5) усложняются

$$\epsilon_x(ij) = \epsilon_0 + \chi_y y_{(ij)} + \chi_z z_{(ij)}; \quad (22)$$

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{xy(ij)} &= \beta_{xy(ij)} (\gamma_{0xy} + z_{(ij)} \theta); \\ \gamma_{xz(ij)} &= \beta_{xz(ij)} (\gamma_{0xz} + y_{(ij)} \theta), \end{aligned} \right\} (23)$$

где  $\chi_y$ ,  $\chi_z$  — кривизны в плоскости  $xy$  и  $xz$ ;  $\gamma_{0xy}$ ,  $\gamma_{0xz}$  — углы сдвига в плоскостях  $xy$  и  $xz$  на уровне оси  $x$ ;  $\theta$  — относительный угол закручивания;  $\beta_{xy(ij)}$ ,  $\beta_{xz(ij)}$  — коэффициенты деформации, аналогичные  $\beta_{(i)}$ .

Физические соотношения по аналогии с выражением (7)

$$\{\bar{\sigma}\} = [\bar{d}] \{\bar{\epsilon}\}, \quad (24)$$

где  $\{\bar{\sigma}\} = \{\sigma_x, \tau_{xy}, \tau_{xz}\}^T$ ;  $\{\bar{\epsilon}\} = \{\epsilon_x, \sigma_y, \sigma_z, \gamma_{xy}, 0, \gamma_{xz}\}^T$  (индексы  $ij$  при напряжениях и деформациях для упрощения записи опущены;  $\gamma_{yz} = 0$ ;  $\tau$  — знак транспонирования);  $[\bar{d}]$  — матрица коэффициентов  $\tilde{d}_{ij}$  размером  $3 \times 6$ .

Условие эквивалентности

$$Q_y \gamma_{0xy} + Q_z \gamma_{0xz} + T \theta =$$

$$= \sum_{ij} \tau_{xy(ij)} \gamma_{xy(ij)} A_{(ij)} + \sum_{ij} \tau_{xz(ij)} \gamma_{xz(ij)} A_{(ij)}.$$

Произведя необходимые преобразования, получим общую систему физических зависимостей типа (10)

$$\{\bar{M}\} + \{m^*\} = [D] \{x\}, \quad (26)$$

где  $\{\bar{M}\} = \{M_z, M_y, N, T, Q_y, Q_z\}^T$ ;  $\{x\} = \{x_y, x_z, \varepsilon_0, \theta, \gamma_{0xy}, \gamma_{0xz}\}^T$ ;  $[D]$  —

симметричная матрица жесткости размером  $6 \times 6$   $\{m^*\}$  — вектор-столбец, состоящий из членов типа (12).

Таким образом, предложена модель деформирования железобетонного стержневого элемента с учетом деформаций сдвига, позволяющая полнее учитывать

поперечные силы и кручение и усовершенствовать методы расчета различных конструкций (балок, рам, столбов жесткости и др).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белаев Н. М. Сопротивление материалов. — М.: Гостехиздат, 1950. — 866 с.
2. Карпейко Н. И. Теория деформирования железобетона с трещинами. — М.: Стройиздат, 1976. — 196 с.

УДК 624.072.23

Л. Р. МАИЛЯН, канд. техн. наук (РИСИ)

## Учет работы арматуры за физическим или условным пределом текучести

Идеализированная диаграмма « $\sigma_s$ — $\varepsilon_s$ » арматуры с площадкой текучести, состоящая из двух отрезков прямых, наклонного до достижения физического предела текучести ( $\sigma_s \leq \sigma_{s,y}$ ) и горизонтального после его достижения ( $\sigma_s = \sigma_{s,y}$ ) неограниченной длины, объективно описывает деформирование лишь сталей классов А-I, А-II, а также отдельных марок арматуры класса А-III. В последние годы многие марки арматуры А-III выпускают с площадкой текучести малой протяженности, которая может быть соизмерима с  $\varepsilon_{s,y}$ . Кроме того, стержни малых диаметров (6...10 мм) арматуры А-III вообще не имеют площадки текучести вследствие технологических особенностей изготовления и поставки.

В балках, армированных такой сталью, разрушение происходит при напряжениях в арматуре, находящихся не только на площадке текучести, но и в зоне самоупрочнения. Кроме того, исследованиями НИИЖБа, Ленинградского политехнического института, РИСИ и др. установлено, что при напряжениях в арматуре, находящихся на площадке текучести, увеличивается плечо внутренней пары сил.

Для расчетной оценки экспериментальных результатов целесообразно усовершенствовать методику СНиПа с учетом работы арматуры за физическим пределом текучести [1], а также увеличения плеча внутренней пары сил при напряжениях на площадке текучести.

Для учета работы растянутой арматуры за физическим пределом текучести в работе [1] ввели параметр  $\xi/\xi_R^{k,T}$  (условная относительная высота сжатой зоны бетона в момент, когда напряжения в арматуре достигают конца площадки текучести). При  $\xi \leq \xi_R^{k,T}$  превышение напряжениями в арматуре

физического предела текучести оценивали коэффициентом

$$\gamma_{s6} = \frac{\sigma_{s,R}}{\sigma_{s,y}} = (\eta - 1) \frac{\xi}{\xi_R^{k,T}}$$

Анализом источников [1...4] установлено, что напряжения в растянутой арматуре балок при  $\xi < \xi^{k,T}$  превышают физический предел текучести  $\sigma_{s,y}$ , причем степень этого превышения обратно пропорционально зависит от армирования, определяемого  $\xi/\xi_R$  и подъемистости диаграммы « $\sigma_s$ — $\varepsilon_s$ » арматуры, характеризуемой  $\sigma_{s,u}/\sigma_{s,y}$ .

Анализ опытных данных [1...4] свидетельствует также о том, что  $\gamma_{s6}^{max} = \eta = \frac{\sigma_{s,u}}{\sigma_{s,y}}$ , соответствующее разрыву арматуры в балках, достигается не только при  $\xi/\xi_R^{k,T} = 0$ , но и при  $0 \leq \xi/\xi_R^{k,T} \leq a$  ( $a$  — параметр, завися-

щий от физико-механических свойств бетона и арматуры, в частности их деформативности) (см. рисунок). При  $a \leq \xi/\xi_R \leq 1$   $\gamma_{s6}$  изменяется почти по линейному закону, принимая значения  $\gamma_{s6} = \eta$  при  $\xi/\xi_R = a$  и  $\gamma_{s6} = 1$  при  $\xi/\xi_R = \xi_R^{k,T}/\xi_R$ . Согласно опытным данным для арматуры класса А-III в балках из тяжелого бетона  $a \approx 0,1$ , из туфобетона  $a \approx 0,2$  [4].

Параметр  $a$  можно устанавливать и расчетным путем. Известно [1...4], что исчерпание несущей способности балок с очень низким процентом армирования происходит при напряжениях в арматуре, достигающих, как правило, временного сопротивления  $\sigma_{s,u}$ , и деформациях в крайнем сжатом волокне бетона, лишь незначительно отличающихся от  $\varepsilon_{b,R}$  (деформаций, соответствующих  $R_b$ ). Это позволяет определить предельную кривизну элемента в момент разрушения, приняв деформации крайнего сжатого волокна бетона и растянутой арматуры, равными  $\varepsilon_{b,R}$  и  $\varepsilon_{s,u}$

$$\kappa_R = \frac{\varepsilon_{b,R} + \varepsilon_{s,u}}{h_0} \quad (1)$$

Далее можно найти относительную высоту сжатой зоны бетона в момент разрыва арматуры

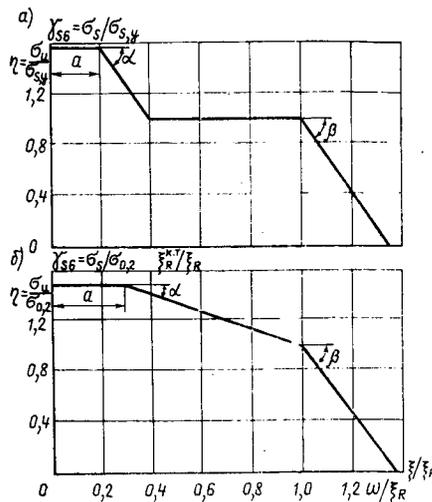
$$\kappa_R = \frac{\varepsilon_{b,R}}{\xi h_0} \quad (2)$$

и, приравняв выражения (1) и (2), вычислить  $a$ . При этом  $a = 0,12$  для балок из тяжелого бетона и  $a = 0,2$  из туфобетона, что хорошо согласуется с опытными данными [4].

При  $\xi/\xi_R \gamma_{s6} = 1$  до  $\xi/\xi_R = 1$ . Эта точка соответствует граничному армированию изгибаемых элементов ( $\xi = \xi_R$ ) и разделяет случаи их разрушения.

Целью унификации методик расчета для расчета прочности сечений с  $\xi > \xi_R$  можно использовать  $\gamma_{s6}$ . При  $\xi/\xi_R > 1$  напряжения в растянутой ар-

матуре при разрушении балок не достигают предела текучести и  $\gamma_{s6} < 1$ . Изменение  $\gamma_{s6}$  при  $\xi/\xi_R > 1$  также подчиняется приблизительно линейной зависимости, принимая значения  $\gamma_{s6} = 1$



Расчетная зависимость  $\gamma_{s6}$  от относительной высоты сжатой зоны бетона в элементах с обычной (а) и высокопрочной (б) арматурой

при  $\xi/\xi_R = 1$  и  $\gamma_{s6} = 0$  при  $\xi/\xi_R = \xi_0/\xi_R$ . Погрешность при замене гиперболической зависимости « $\sigma_s - \xi$ », рекомендованной СНиПом при  $\xi > \xi_R$ , линейной функцией невелика и не превышает 2%.

Таким образом, зависимость коэффициента  $\gamma_{s6}$  на всем диапазоне изменения  $\xi/\xi_R$  можно представить в виде кусочно-линейной функции, состоящей из четырех участков — двух горизонтальных и двух наклонных (см. рисунок):

$$\left. \begin{aligned} \text{при } 0 \leq \frac{\xi}{\xi_R} \leq a \quad \gamma_{s6} &= \eta; \\ \text{при } a \leq \frac{\xi}{\xi_R} \leq \frac{\xi}{\xi_R^{K.T}} \quad \gamma_{s6} &= \eta - \left( \frac{\xi}{\xi_R} - a \right) \frac{\eta - 1}{\frac{\xi}{\xi_R^{K.T}} - a}; \\ \text{при } \frac{\xi}{\xi_R^{K.T}} \leq \frac{\xi}{\xi_R} \leq 1 \quad \gamma_{s6} &= 1; \\ \text{при } 1 \leq \frac{\xi}{\xi_R} \leq \frac{\xi_0}{\xi_R} \quad \gamma_{s6} &= 1 - \frac{\frac{\xi}{\xi_R} - 1}{\frac{\xi_0}{\xi_R} - 1}. \end{aligned} \right\} (3)$$

Работу арматуры в момент разрушения на площадке текучести и превышение опытных предельных моментов над теоретическими  $M_R^T$ , происходящее вследствие увеличения плеча внутренней пары сил, рекомендуется учитывать эмпирической формулой, предложенной в источнике [1]

$$M_R = M_R^T \left( 1,1 - 0,1 \frac{\xi}{\xi_R} \right). \quad (4)$$

Учет работы высокопрочной арматуры за условным пределом текучести наиболее детально разработан в работе [2]. На основании обширных экспериментальных и теоретических исследований способ расчетной оценки превышений напряжениями в арматуре условного предела текучести с помощью коэффициента  $\gamma_{s6}$  был введен в СНиП

$$\gamma_{s6} = \eta - (\eta - 1) \left( 2 \frac{\xi}{\xi_R} - 1 \right) \leq \eta. \quad (5)$$

Зависимость (5) рекомендуется для расчета сечений при  $\xi \leq \xi_R$ , в то время как при  $\xi > \xi_R$  расчет осуществляется с помощью системы двух уравнений равновесия, совмещенных с эмпирической зависимостью « $\sigma_s - \xi$ ». Поэтому создавалась двойственность при расчете по СНиПу прочности нормальных сечений при  $\xi \leq \xi_R$  и при  $\xi > \xi_R$ . Для избежания этого рекомендуется использовать изложенный способ. Предста-

вим график изменения  $\gamma_{s6}$  на всем диапазоне  $0 \leq \xi/\xi_R \leq \xi_0/\xi_R$  в виде кусочно-линейной функции, состоящей из трех участков — горизонтального и двух наклонных (см. рисунок). При этом  $a$  рекомендуется определять по данному способу, а для преднапряженных элементов учитывать отжатие части деформаций бетона  $\bar{\epsilon}_b$  и арматуры.

Разработанный метод проверили на опытных балках с обычной ненапрягаемой арматурой класса А-III [3, 4] и высокопрочной преднапряженной и ненапрягаемой арматурой класса Ат-VI [5]. Сравнение опытных и теоретических напряжений в арматуре при разрушении балок показало, что при расчете по СНиПу максимальные отклонения достигают 37,3%, а сумма квадратов отклонений 16041,6 в балках с арматурой А-III [3, 4] и 8,2% и 1069,4 в балках с арматурой А-VI [5]. Аналогичные показатели при расчете по предлагаемому методу составили 9,3% и 188,99 [3, 4] и 4,4% и 524,11 [5]. При расчете на ЭВМ шагово-итерационным методом [4] с учетом полной диаграммы « $\sigma - \epsilon$ » бетона при сжатии и растяжении и действительной диаграммы « $\sigma - \epsilon$ » арматуры получены в балках [3, 4] максимальные отклонения 5,6%, сумма квадратов отклонений 94,1, а в балках [5] — 3,2% и 246,06.

Таким образом предлагаемый расчет позволяет получить результаты существенно лучшие, чем методика СНиПа, и лишь немного уступает в точности шагово-итерационному методу при значительно меньшей трудоемкости.

Зависимости (3) рекомендуется учитывать при расчетной оценке прочности нормальных сечений экспериментальных изгибаемых железобетонных элементов. Алгоритм предлагаемого расчета состоит в следующем. Составляют уравнение суммы проекций всех действующих в нормальном сечении сил на горизонтальную ось

$$R_b b x_b + \sigma_{sc} A'_s - \gamma_{s6} \sigma_{s,y(0,2)} A_s = 0, \quad (6)$$

в которое вместо  $\gamma_{s6}$  подставляют выражения (3). Поскольку и в уравнение (6), и в зависимости (3) величина сжатой зоны бетона (в абсолютном  $x_b$  или относительном  $\xi$  выражении) входит в первой степени, полученные четыре (или три) независимых уравнения равновесия довольно просто решаются относительно  $x_b$  или  $\xi$ . Затем проверяют принадлежность каждого из полученных значений  $x_b$  или  $\xi$  своему диапазону изменения  $\xi/\xi_R$ . Очевидно, что из этих четырех (или трех) значений  $x_b$  или  $\xi$  лишь одно уложится в соответствующий диапазон изменения  $\xi/\xi_R$ . После выявления указанным образом

$x_b$  определяют предельный момент, воспринимаемый сечением

$$M_R = R_b b x_b (h_0 - 0,5 x_b) + \sigma_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (7)$$

Сопоставление опытных и теоретических предельных моментов в опытных балках [3..5], вычисленных по предложенному методу, показало их хорошее совпадение. При расчете по предложенному методу максимальные отклонения и сумма квадратов отклонений составили 11,8% и 1060,61 в балках с арматурой А-III [3, 4] и 10,7% и 822,27 с арматурой Ат-VI [5]. Расчет по СНиПу даст результаты существенно худшие — 25,7% и 5380 [3, 4] и 15,5% и 1327,09 [5], а расчет шагово-итерационным методом несколько лучшие — 4,2% и 212,77 [3, 4] и 6,2% и 421,72 [5]. Отклонения при расчете предлагаемым методом идут обычно в запас прочности, что обуславливает также и надежность метода.

Предлагаемый способ расчета, базирующийся на методике СНиПа, отличается от нее тем, что в нем заложен единый подход к расчету железобетонных элементов независимо от случая их разрушения ( $\xi \leq \xi_R$ ) благодаря выявленной зависимости изменения коэффициента  $\gamma_{s6}$  на всем диапазоне изменения  $0 \leq \xi/\xi_R \leq \xi_0/\xi_R$ . Кроме того, учитывается работа арматуры не только за условным, но и за физическим пределом текучести, что может дать существенный эффект, в особенности для слабоармированных элементов. Вместо нескольких последовательных приближений расчета значений  $\xi$  в методике СНиПа в предлагаемом методе эту величину однозначно несложно определить из решения четырех (или трех) простых независимых уравнений, охватывающих весь диапазон изменения  $\xi/\xi_R$ .

Таким образом, предложенный метод расчета железобетонных элементов с учетом работы арматуры за физическим или условным пределом текучести можно рекомендовать для расчетной оценки экспериментальных результатов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новое о прочности железобетона / Под ред. А. А. Гвоздева. — М.: Стройиздат, 1977. — С. 30—47.
2. Гушча Ю. П. Статическая прочность железобетонных конструкций и их деформации в стадии, близкой к разрушению: Автореф. дис. ... д-р техн. наук. — М., 1980. — 44 с.
3. Беккиев М. Ю., Маилян Л. Р. Расчет изгибаемых железобетонных элементов различной формы поперечного сечения с учетом исходящей ветви деформирования. — Научник: КБАМИ. 1985. — 132 с.
4. Ганага П. Н., Маилян Л. Р. Совершенствование методов расчета железобетонных конструкций и снижение их металлоемкости. — Ставропольское книжное изд-во, 1987. — 152 с.
5. Маилян Л. Р. Несущая способность неразрезных балок с высокопрочной преднапряженной арматурой // Бетон и железобетон. — 1982. — № 7. — С. 16—17.

Т. Г. КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук (НИИЖБ)

## Обследование коррозионного состояния арматуры конструкций электрохимическими методами

Обследования электрохимическими методами позволяют достаточно надежно определять коррозионное состояние стальной арматуры железобетонных конструкций в эксплуатационных условиях при минимальном разрушении защитного слоя бетона, в том числе обнаруживать блуждающие токи и оценивать опасность электрокоррозии.

Показателем коррозионного состояния арматуры в бетоне может служить потенциал арматуры, называемый часто потенциалом «арматура — бетон»  $\varphi_{a-b}$ , т. е. разность потенциалов между арматурой и электродом сравнения, устанавливаемым на поверхности конструкции на минимальном расстоянии от арматуры. Потенциал арматуры в бетоне, как и потенциал металла в электролите, является характеристикой окислительно-восстановительного состояния поверхности металла и мерой его термодинамической устойчивости.

Схема измерения потенциала  $\varphi_{a-b}$  приведена на рис. 1. В качестве электрода сравнения чаще всего применяют неполяризующийся медносульфатный электрод, достаточно просто изготавливаемый [1]. Потенциал его по отношению к водородному электроду сравнения (НВЭ), принимаемому за нуль, равен 0,3 В при 25°C. Измерения выполняют с помощью вольтметров с достаточно большим входным сопротивлением  $R_{вх}$ . Вольтметры с  $R_{вх} > 10^9$  Ом (Щ-1312, ВК-2-16 и др.) рекомендуются для электрических измерений на железобетонных конструкциях с любой степенью увлажнения бетона, вольтметры с  $R_{вх} = 10^6 \dots 10^7$  Ом (Щ-4313, ВК 7-4, ВК 7-7, ВК 7-9 и др.) — на конструкциях, находящихся в атмосфере с относительной влажностью более 75%, или в других случаях более сильного увлажнения бетона конструкций, вольтметры с меньшими значениями  $R_{вх}$  (М-231, Н-373, Н-39 и др.) — на подводных и сильно увлажненных подземных и надземных конструкциях. Контакт проводника измерительной схемы с арматурой, освобожденной от защитного слоя бетона, осуществляется в каком-либо одном месте конструкции с помощью сталь-

ных электродов: различных зажимов, магнитных присосок и т. п. Медносульфатный электрод устанавливается последовательно в определенные точки на поверхности конструкции вдоль арматурного стержня.

По нашим данным и данным других исследователей потенциал  $\varphi_{a-b}$  стальной арматуры в бетоне в пассивном состоянии имеет значения +0,3...-0,1В (НВЭ). При коррозии арматуры, например вследствие проникания в бетон из внешней среды хлоридов или их введения в качестве специальных добавок, потенциал  $\varphi_{a-b}$  сдвигается в отрицательную сторону. В этом случае потенциал  $\varphi_{a-b}$  принимает значения отрицательнее -0,3 В (НВЭ) при развитии коррозии по всей поверхности и

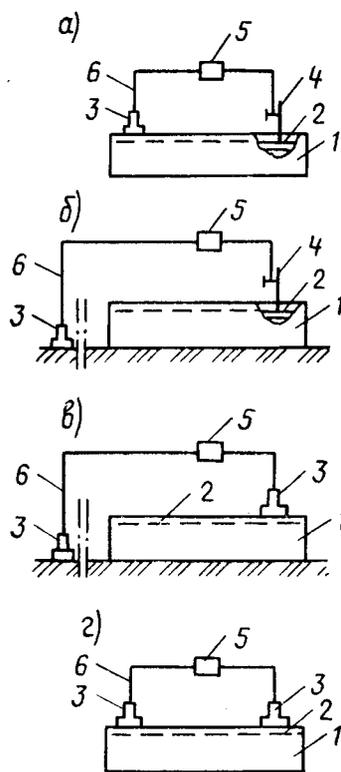


Рис. 1. Схема измерения потенциалов а —  $\varphi_{a-b}$ ; б —  $\varphi_{a-з}$ ; в —  $\varphi_{б-з}$ ; г —  $\varphi_{б-б}$ ; 1 — железобетонная конструкция; 2 — арматура; 3 — медносульфатный электрод; 4 — стальной электрод-шпилька; 5 — вольтметр; 6 — соединительные провода

0...-0,3 В, если коррозия носит язвенный характер. Соответствие между указанными выше значениями потенциалов и коррозионным состоянием арматуры было подвержено при обследовании конструкций промзданий, а также железобетонных трубопроводов из виброгидропрессованных труб.

Достаточно надежную оценку коррозионного состояния арматуры дает метод измерения поляризуемости арматуры и характера спада потенциала [2]. В основе его лежит зависимость между коррозионным состоянием арматуры, характером и скоростью спада потенциала к исходному стационарному значению после внешней анодной поляризации. Если сталь находится в пассивном состоянии, после отключения поляризующего тока потенциал медленно возвращается к стационарному значению; если она подвергается коррозии, спад потенциала происходит значительно быстрее, приближаясь к скорости спада для стали, не защищенной слоем бетона и находящейся в активном состоянии [3]. Методика измерений подробно рассмотрена в [2]. Схема измерения приведена на рис. 2.

Обнаруживать блуждающие токи в железобетонных конструкциях и оценивать опасность электрокоррозии арматуры следует по потенциалам «арматура — бетон»  $\varphi_{a-b}$ , «арматура — земля»  $\varphi_{a-з}$  (разности потенциалов между арматурой и электродом сравнения, устанавливаемым на землю), «бетон — земля»  $\varphi_{б-з}$  (разности потенциалов между двумя электродами сравнения, один из которых устанавливается на поверхность бетона конструкции, другой на землю), а также «бетон — бетон»  $\varphi_{б-б}$  (градиентов потенциалов по поверхности бетона, измеряемых двумя медносульфатными электродами, устанавливаемыми на поверхности бетона конструкции).

При измерении потенциалов  $\varphi_{a-з}$  и  $\varphi_{б-з}$  электрод сравнения можно устанавливать в точке «далекая земля», для

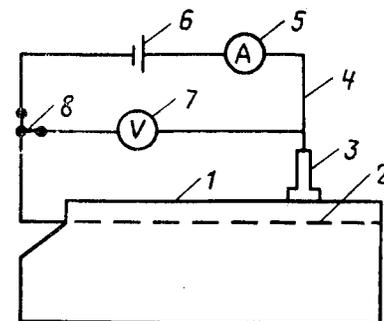


Рис. 2. Схема установки для поляризации арматуры в бетоне и измерения спада потенциала 1 — железобетонная конструкция; 2 — арматура; 3 — медносульфатный электрод; 4 — соединительные провода; 5 — амперметр; 6 — источник постоянного тока; 7 — вольтметр; 8 — переключатель

которой дальнейшее увеличение расстояния от конструкции не изменяет потенциал, и в точке «близкая земля», — постоянной произвольно выбираемой точке земли, условно принимаемой за нуль, или для протяженных конструкций (например, трубопроводов) в точках земли, расположенных вдоль конструкции на небольшом расстоянии от нее.

Выполненные ранее исследования электрического поля тока в железобетонных конструкциях [4] позволили уточнить, дополнить и развить известные положения методики обнаружения блуждающих токов в железобетонных конструкциях [1], а также сформулировать новые, повышающие надежность, точность результатов и возможность применения неразрушающих способов измерения. Разработанные основные положения методики изложены в Инструкции СН 65-76 и включены в Пособие к СНиП 2.03.11—85.

Потенциалы  $\varphi_{a-z}$  и  $\varphi_{b-z}$ , характеризующие коррозионное состояние стали и зависящие в основном от напряженности поля блуждающих токов в грунте и слое бетона, используют для обнаружения участков конструкций, подвергающихся влиянию блуждающих токов. Опасность электрокоррозии определяют по потенциалу  $\varphi_{a-b}$ , величина омической составляющей которого намного меньше, так как определяется падением напряжения только на защитном слое бетона. Потенциал  $\varphi_{a-z}$  в отсутствии внешних наложенных токов составляет 0...—0,7 В (МСЭ). Значения потенциалов арматуры, лежащих за пределами естественных значений, свидетельствуют о воздействии блуждающих токов. Смещение потенциала арматуры в положительном или отрицательном направлении по сравнению с его стационарным (естественным) значением характеризует наличие соответственно анодной или катодной поляризации арматуры блуждающими токами и образование анодных или катодных участков арматуры.

Однако интервал естественных значений  $\varphi_{a-b}$  и  $\varphi_{a-z}$  не позволяет однозначно определить отсутствие блуждающих токов при обнаружении потенциалов, лежащих в естественных пределах. Например,  $\varphi_{a-b} = -0,5$  В может быть стационарным потенциалом корродирующей арматуры и результатом катодной поляризации участка арматуры с нулевым значением потенциала. Потенциал  $\varphi_{a-b} = 0$  может быть стационарным потенциалом пассивной арматуры и результатом анодной поляризации участка со значением —0,5 В. Дополнительным и обязательным пока-

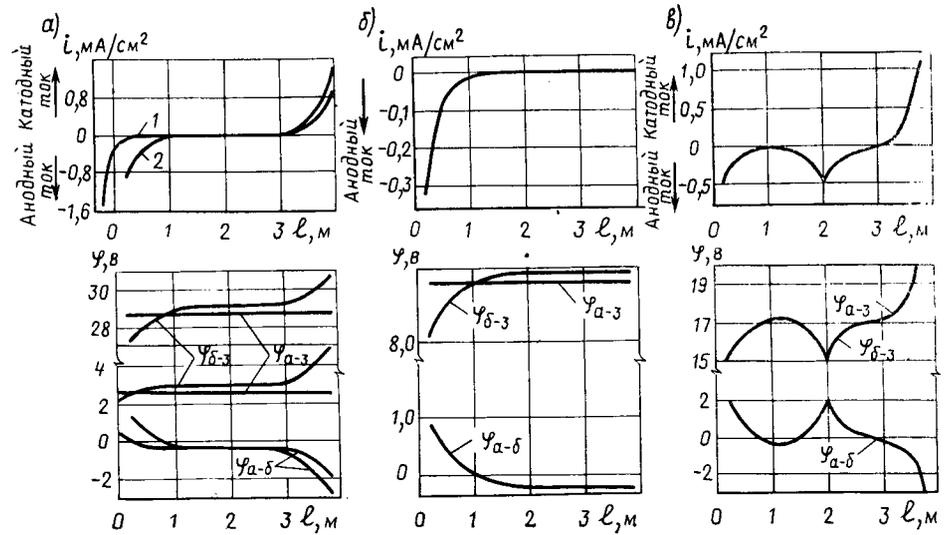


Рис. 3. Характер распределения плотности тока утечки с арматуры  $i$  и потенциалов  $\varphi_{a-b}$ ,  $\varphi_{a-z}$ ,  $\varphi_{b-z}$   
 $a$  — при натекании тока с торца конструкции;  $b$  — при приложении тока непосредственно на арматуру;  $v$  — при отводе тока через закладную деталь на боковой поверхности конструкции; 1 — при заглублении конструкции в грунт; 2 — при опирании на грунт (или другую конструкцию)

зателем наличия или отсутствия блуждающих токов является характер изменения потенциалов по высоте (длине) конструкции.

Потенциалы  $\varphi_{a-b}$  и  $\varphi_{b-z}$  при наличии блуждающих токов в конструкциях закономерно изменяются по значению и даже по знаку по высоте (длине) конструкции. При отсутствии блуждающих токов потенциалы  $\varphi_{a-b}$  и  $\varphi_{b-z}$  постоянны или изменяются беспорядочно из-за наличия местных очагов коррозии, местных увлажнений.

Потенциал  $\varphi_{a-z}$  при установке электрода сравнения в точке «далекая земля» в пределах отдельных элементов конструкций, обладающих ограниченной протяженностью и не имеющих непосредственной электрической связи с арматурой смежных элементов, практически постоянен; потенциал  $\varphi_{a-z}$  при наличии блуждающих токов и их отсутствии отличается абсолютными значениями. Во всех других случаях характер изменения потенциалов  $\varphi_{a-z}$  и  $\varphi_{a-b}$  одинаков.

Схемы распределения потенциалов  $\varphi_{a-b}$ ,  $\varphi_{a-z}$ ,  $\varphi_{b-z}$  и плотности тока утечки с арматуры при прохождении тока через железобетонную конструкцию приведены на рис. 3. Схемы даны для колонны размером  $400 \times 400 \times 4000$  мм с 4-стержневым армированием при различной влажности бетона, наличии или отсутствии заглубления колонны в грунт и разных способах подачи тока. Приведенные схемы можно рассматривать в качестве схем ожидаемого распределения токов и потенциалов для соответствующих условий, а также использовать при выборе мест измерения на железобетонных конст-

рукциях и расшифровке получаемых данных.

В соответствии с приведенными схемами потенциал  $\varphi_{a-z}$  в пределах одной конструкции постоянен, поэтому измеряется в одной точке конструкции. Стальной электрод контактирует с арматурой, освобожденной от защитного слоя или выводом от нее, медносulfатный электрод располагается в точке «далекая земля».

Потенциалы  $\varphi_{a-b}$  и  $\varphi_{b-z}$ , изменяющиеся при наличии блуждающих токов по высоте (длине) конструкции, определяют в нескольких точках конструкции. При измерении потенциала  $\varphi_{a-b}$  стальной электрод-шпилька контактирует с арматурой, освобожденной от защитного слоя бетона, или выводом от нее (это та же точка, что и при измерении  $\varphi_{a-z}$ ), медносulfатный электрод перемещается вдоль арматуры на возможно меньшем расстоянии от нее с определенным шагом по всей высоте (длине) конструкции (так же, как при измерениях в отсутствии блуждающих токов). Расстояние между точками измерений выбирается из расчета получения 5...6 значений потенциалов по высоте (длине) конструкций. В зоне контакта конструкций с технологическим оборудованием, закладными деталями или землей проводятся дополнительные измерения с шагом, не превышающим 20...30 см.

При определении потенциала  $\varphi_{b-z}$  один медносulfатный электрод располагается в точке «далекая земля», другой перемещается с заданным шагом по всей высоте (длине) конструкции и обычно устанавливается в те же точки, что и при измерении  $\varphi_{a-b}$ .

Л. Я. ЛАВРЕГА, И. В. БОРИСЛАВСКАЯ, кандидаты техн. наук (Белорусский политехнический ин-т); А. И. БАЙЗА, канд. техн. наук, С. Я. УНЧИК, инж. (СВТШ)

## Повышение долговечности бетона при воздействии органических кислых сред

Медносульфатный электрод, перемещающийся по высоте (длине) конструкции при измерении  $\Phi_{a-b}$  и  $\Phi_{b-z}$ , устанавливается на возможно меньшем расстоянии от арматурного стержня, приблизительно равном толщине защитного слоя бетона. При различных состояниях бетона на разных сторонах конструкции, наличии каких-либо местных креплений и т. д. потенциалы  $\Phi_{a-b}$  и  $\Phi_{b-z}$  целесообразно измерять со всех четырех сторон конструкции.

При проведении измерений со вскрытием арматуры потенциалы  $\Phi_{a-b}$ ,  $\Phi_{a-z}$  измеряют по изложенной методике. При измерениях неразрушающим методом без вскрытия арматуры вначале определяют распределение потенциалов  $\Phi_{b-z}$ , затем вычисляют потенциал  $\Phi_{a-z}$  по формуле

$$\Phi_{a-z} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \Phi_{(b-z)_j}, \quad (1)$$

где  $n = \frac{l}{h}$ ,  $l$  — длина (высота) конструкции;  $h$  — шаг измерения.

Далее для каждой точки измерения потенциала  $\Phi_{b-z}$  вычисляют  $\Phi_{a-b}$

$$\Phi_{(a-b)_j} = \Phi_{a-z} - \Phi_{(b-z)_j}. \quad (2)$$

Метод измерений выбирается с учетом конкретных условий. При этом следует иметь в виду, что расчеты при неразрушающем методе могут быть затруднены из-за невозможности измерений по всей высоте (длине) конструкции, например в заглубленной части.

По результатам измерений потенциалов строят потенциальные диаграммы, представляющие собой кривые распределения потенциалов по высоте (длине) конструкции, по которым определяются направление перетекания блуждающего тока, положение анодных и катодных зон на арматуре и значения наложенных потенциалов. При изучении характера изменения какого-либо потенциала во времени строится зависимость «потенциал — время».

Опасность электрокоррозии стальной арматуры устанавливается по результатам сравнения максимальных значений потенциалов  $\Phi_{a-b}$  в анодных зонах с показателями опасности по СНиП 2.03.11 — 85.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по защите железобетонных конструкций от коррозии, вызываемой блуждающими токами. СН 65-76. — М.: Стройиздат, 1976. — 40 с.
2. Методические рекомендации по исследованию ингибиторов коррозии арматуры в бетоне. — М.: НИИЖБ, 1980. — С. 14—16.
3. Стрижевский И. В., Рейзин Б. Л., Иоффе Э. И. Коррозия и защита арматуры железобетонных трубопроводов. — М.: Стройиздат, 1972. — С. 69.
4. Калмыков С. Г., Кравченко Т. Г. Распределение блуждающего тока и потенциалов в железобетонных конструкциях // Межотраслевые вопросы стр-ва. Отечественный опыт. Реф. сб. / 1972. — Вып. 7. — С. 20—24.

Как известно [1], путем регулирования состава бетона и его плотности можно обеспечить необходимую долговечность конструкций, подверженных воздействию слабых растворов агрессивных жидкостей. Не случайно ВСН 01-39 предусматривает использование бетона и раствора с уплотняющими добавками для ряда конструкций полов предприятий агропромышленного комплекса, промышленные стоки которых представляют собой разбавленные растворы органических кислот. Применение бетонов заманчиво еще и потому, что по сравнению с другими конструктивными решениями (облицовки из кислотоупорного кирпича, кислотоупорных плит, полимерные растворы и бетоны) особо плотные бетоны наиболее экономичны и доступны.

Кафедры строительных материалов и изделий СВТШ (г. Братислава, ЧССР) и технологии бетона и железобетона Белорусского политехнического института (БПИ) провели исследования коррозионной стойкости бетонов в разбавленных растворах органических кислот для определения надежности их применения в конструктивных элементах зданий агропромышленного комплекса.

В экспериментах были использованы портландцемент марки 400 завода Ладце (ЧССР), этот же цемент с добавлением 20 и 40% шлака и 30% золы, а также портландцемент Волковысского завода марки 400 (БССР). Характеристики портландцементов: коэффициент нормальной густоты  $K_{н.г}$  соответственно 0,278 и 0,280, активность 45 МПа; сроки схватывания: начало соответственно 2 ч 20 мин и 3 ч 17 мин; конец — 4 ч и 4 ч 32 мин.

Исследования проводили на образцах-цилиндрах диаметром и высотой 30 мм, образцах-кубах с ребром 20 мм и образцах-балочках 40×40×160 мм. Из цементного геля были изготовлены прессованные образцы под давлением 100 МПа в течение 3 мин с  $V/C=0,1$  и вибрированные образцы с  $V/C=K_{н.г}$  и 1,4  $K_{н.г}$ . Кроме того, из указанных цементов были изготовлены растворные образцы состава 1:3 с  $V/C=0,5$ . Модуль крупности кварцевого песка — 2,3.

В возрасте 28 сут твердеющие в воде образцы погружали в агрессивные

среды — 0,5; 3 и 5%-ные растворы уксусной, муравьиной и молочной кислот. Через 1, 7, 28, 91 и 365 сут образцы взвешивали, определяли внешний вид, прочность, пористость и динамический модуль упругости. Обмен агрессивных сред производился через 28 сут.

Эксперименты показали, что на всех прессованных образцах, находящихся в 5%-ном растворе муравьиной кислоты, на 91-е сутки образовывался слой продуктов коррозии толщиной около 3 мм, а через 365 сут коррозия наблюдалась по всей их толщине. Образцы, подверженные воздействию растворов уксусной и молочной кислот, также полностью прокорродировали через 365 сут, однако в начальные сроки коррозия протекала примерно в 1,5 раза медленнее. Цвет продуктов коррозии менялся по слою: более светлый — после замены агрессивной среды и темный — перед заменой, что свидетельствует об интенсификации обменных реакций при введении свежего раствора кислот. По мере воздействия агрессивных сред масса образцов уменьшалась: в первые сутки на 0,5...4,76% в зависимости от концентрации кислот и в дальнейшем — к 365 сут на 4...61%. Введение минеральных добавок — золы и шлака — практически не сказалось на степени уменьшения массы. Относительно большими потерями массы характеризовались образцы с большим  $V/C$ . Но характерно, что в количественном, абсолютном значении потери массы образцов различной степени уплотнения и пористости были практически одинаковыми.

Потеря массы сопровождалась снижением прочности и динамического модуля упругости образцов, причем интенсивность этих процессов была ниже в растворах уксусной и молочной кислот, при большей степени уплотнения и введении в цементы минеральных добавок, однако во всех случаях потери прочности были значительными (рис. 1, а, б).

Изменение модуля упругости растворных образцов в агрессивной среде происходит аналогично изменению прочности. Так, модуль упругости резко уменьшался уже в течение первых суток испытания при 3%-ной концентрации муравьиной кислоты, к 91 сут слой продуктов коррозии был настолько велик, что не позволил определить динамичес-

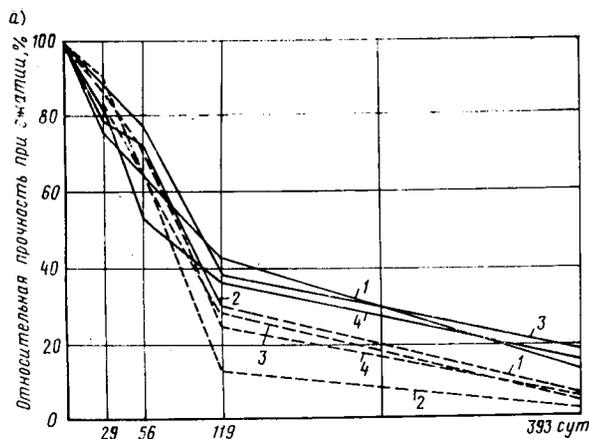


Рис. 1. Изменение свойств цементного камня в агрессивной среде

— 3%-ная уксусная кислота; — — — 3%-ная молочная кислота; 1 — портландцемент, В/Ц=0,1; 2 — портландцемент, В/Ц=0,4; 3 — портландцемент +20% шлака, В/Ц=0,1; 4 — то же, В/Ц=0,4

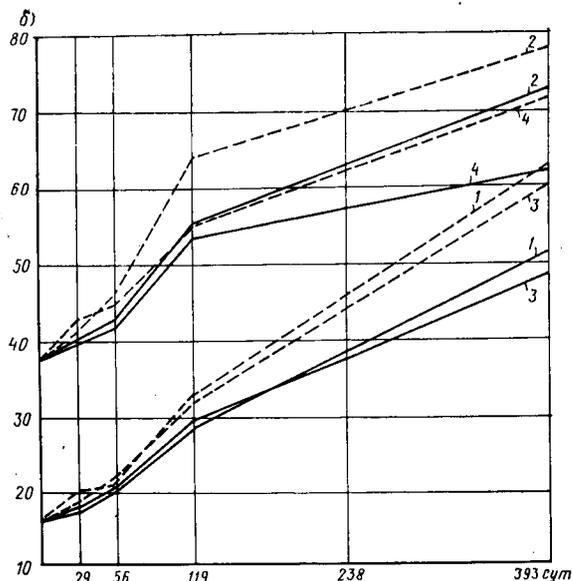


Рис. 2. Изменение свойств образцов с защитным полимерным покрытием в агрессивной среде

а — при изменении относительной прочности при сжатии; б — при изменении пористости — 5%-ная уксусная кислота — — — 5%-ная молочная кислота; 1 — полимерное покрытие с модификатором МК; 2 — то же, с модификатором 113-63; 3 — то же, без добавок промотора адгезии

кий модуль упругости. В 3%-ном растворе уксусной кислоты динамический модуль упругости образцов через 166 сут составлял от 3000 до 4000 МПа, что равно 10...12% его исходной величины.

Пористость образцов, погруженных в агрессивные среды, возрастала по мере увеличения концентрации среды и продолжительности ее воздействия от 15...40 до 75...80%, причем характер изменения пористости цементного камня в агрессивной среде не зависел от вида и количества минеральных добавок и способа уплотнения образцов.

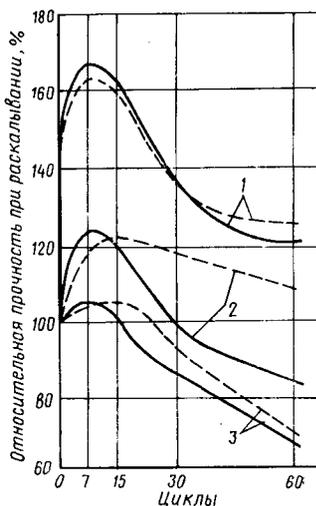
Таким образом, органические кислоты уже при низких концентрациях оказывают на бетоны сильноагрессивное воздействие. Изменение состава вяжущего и способа уплотнения вначале несколько замедляет процесс, но не является достаточным основанием для применения бетонов в условиях воздействием кислотной агрессии предприятий агропромышленного комплекса. Необходимость антикоррозионной защиты в этом случае не вызывает сомнений.

В настоящее время практическое применение получили два способа антикоррозионной защиты бетона: введение в его состав уплотняющих полимерных поверхностно-активных добавок и нанесение защитных полимерных покрытий. Как показали эксперименты [2], первый способ замедляет протекание коррозионных процессов в ряде агрессивных сред, но растворы кислот вызывают интенсивное снижение прочности образцов уже через 180 сут испытаний.

Наши исследования были направлены на определение эффективности антикоррозионной защиты полимерными покрытиями. Их надежное функционирование обеспечивается при химической стойкости по отношению к агрессивной среде, непроницаемости, хорошей адгезии с ос-

нованием и достаточной растяжимости при длительном воздействии агрессивных сред. В каждом отдельном случае надежность антикоррозионной защиты обеспечивается в течение определенного срока — до момента наступления проницаемости полимерной пленки.

Целью исследований явилось определение способов увеличения продолжительности защитных функций пленок. Нам представляется, что этого можно достичь путем воздействия на адгезионное сцепление на границе раздела фаз «покрытие — основание». В работе [3] показано, что подготовительные грунтовочные слои под покрытие несколько замедляют скорость коррозии, но настолько незначительно, что практического значения не имеют. Однако тип грунтовочного слоя, наличие в нем реакционноспособных групп, вступающих во взаимодействие как с активными центрами материала основания, так и с полимерной матрицей, может значительно изменить характер адгезии полимерного покрытия к основанию и его долговечность.



В связи с этим представляют интерес грунтовки кремнийорганическими промоторами адгезии [4], причем для получения необходимого эффекта их достаточно ввести в состав полимерного покрытия.

В качестве промоторов адгезии были применены кремнийорганические модификаторы 113-63 (ТУ 6-02 995-80) и МК (ТУ П-62-64), характеризующиеся гидролитически неустойчивыми группами соответственно — Si — OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub> и — Si — Cl. Полимерным связующим служила алкилрезорциновая эпоксидная смола ЭИС-1 (ТУ-38-109-1-71), отверждаемая полиэтиленполиамином (ТУ-2-6-02-594-70), пластифицированная полиолефинами и техническими маслами. Наполнителем являлись молотый кварцевый песок ( $S_{уд} = 1800 \text{ см}^2/\text{г}$ ) и портландцемент Волковьеского завода ( $S_{уд} = 3200 \text{ см}^2/\text{г}$ ).

На образцы-балочки состава 1:3 наносили полимерные покрытия толщиной 0,5...0,6 мм со всех сторон. Согласно [3] образцы подвергали циклическому

УДК 691.327.004.8

В. Г. БАТРАКОВ, д-р техн. наук, проф., С. С. КАПРИЕЛОВ, канд. техн. наук, В. В. ПИРОЖНИКОВ, А. В. ШЕЙНФЕЛЬД, инженеры (НИИЖБ); С. А. ДОНСКОЙ, инж. (Ермаковский з-д ферросплавов); Я. Л. ВИХМАН, инж. (трест Павлодарпромстрой)

## Применение отходов ферросплавного производства с пониженным содержанием микрокремнезема

воздействию агрессивных сред (поды, 5%-ных растворов уксусной и молочной кислот), нагретых до температуры 60°C в течение 6 ч с последующим охлаждением на воздухе в течение 18 ч. Через 7, 15, 30 и 60 циклов испытаний определяли внешний вид образцов, массу, прочность при сжатии  $R_{сж}$ , изгибе  $R_{изг}$ , растяжении  $R_p$  и динамический модуль упругости.

Свойства исходных образцов-балочек:  $R_{сж}$ —31,4 МПа,  $R_{изг}$ —7,05 МПа,  $R_p$ —2,57 МПа, водопоглощение 5,33%, динамический модуль упругости 29000 МПа.

После 30 циклов испытаний цвет покрытий на всех образцах практически не изменился, оно было сплошным, без отслоений. После 60 циклов сплошные покрытия без отслоений во всех средах наблюдались только у образцов, покрытых полимерными мастиками, включающими кремнийорганический модификатор (состав 1). Введение в полимерную мастику модификатора 113-63 (состав 2) способствовало устойчивости полимерных пленок в воде, в растворах уксусной и молочной кислот наблюдались отдельные отслоения.

На полимерных покрытиях, выполненных без промоторов адгезии (состав 3), появились пузыри и вздутия, изменился их цвет. При этом уменьшились масса и прочность образцов (рис. 2, а, б). Соответственно изменился динамический модуль упругости, при использовании состава 3 он снизился на 10..15%, состава 2 — на 3..7%, состава 1 — остался без существенных изменений.

Оптимальное содержание промоторов адгезии в полимерных композициях тесно связано с наличием в нем гидrolитически неустойчивых реакционноспособных групп. По мере увеличения их содержания величина оптимума промотора адгезии уменьшается, а его эффективность определяется отношением к конкретной среде подложки — кислой, щелочной или нейтральной, а также зависит от взаимодействия с полимерной матрицей.

Опыт показал, что применение в полимерных покрытиях эффективных промоторов адгезии значительно продлевает срок службы защитных покрытий.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабушкин В. И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона. — М.: Стройиздат, 1968. — 187 с.
2. Коррозионная стойкость полимерцементных бетонов // И. Н. Ахвердов и В. Бориславская, Л. Я. Лаврега, С. Г. Соболевская // Бетон и железобетон. — 1976. — № 3. — С. 8—9.
3. Рубецкая Т. В., Шнейдерова В. В., Любарская Г. В. Коррозия бетона в кислых агрессивных средах и метод оценки защитных свойств лакокрасочных покрытий // Повышение коррозионной стойкости бетона и железобетонных конструкций. — М.: Стройиздат, 1975. — С. 17—23.
4. Лаврега Л. Я. Полимерные покрытия полов // Изв. вузов. Сер. Стр-во и архитектура. — 1986. — № 8. — С. 63—67.

Проблема обеспечения строительной индустрии цементом требует поиска новых технологических решений, позволяющих экономить дефицитный материал и обеспечивать высокое качество продукции. Одним из путей ее решения является использование в качестве добавок к бетону пылевидных отходов ферросплавного производства [1, 2].

НИИЖБ совместно с трестом Павлодарпромстрой и Ермаковским заводом ферросплавов разработал технологию производства бетонных и железобетонных конструкций с использованием отходов ферросплавного производства на комбинате ЖБИ № 2 в Павлодаре. Отходы Ермаковского завода представляют собой ультрадисперсный пылевидный материал, улавливаемый рукавными фильтрами системы газоочистки печей, в которых выплавляется ферросилиций. Основная масса материала состоит из частиц диаметром не более 0,5 мкм.

Анализ состава, приведенного в табл. 1, показывает, что пыль рукавных фильтров (ПРФ) отличается от применяемых в технологии бетона продуктов газоочистки печей аналогичных производств содержанием компонентов, в частности пониженным количеством кремнезема. Это обстоятельство, связанное с разнообразием номенклатуры ферросплавов, производимых разными предприятиями, привело к необходимости определить влияние ПРФ Ермаковского завода на свойства бетонных смесей и бетонов.

Предварительно было исследовано влияние ПРФ на свойства цементных суспензий и растворов с определением сроков схватывания теста, водопотребности и подвижности растворных смесей, а также прочности образцов из них. Для этого использовали портландцемент марки 400 Воскресенского завода, ПРФ с удельной поверхностью 2,2 м<sup>2</sup>/г, кварцевый песок с  $M_{кр}$ —2,0.

Образцы суспензий и растворных смесей готовили на вяжущем, в котором часть цемента — от 0% для контрольного состава до 40% замещали пылью фильтров. Растворные смеси имели состав 1:3 (вяжущее:песок). Одну серию образцов испытывали для определения изменения водопотребности смесей в зависимости от количества замещенного пылью фильтров цемента. При этом смеси имели одинаковую подвижность, но разное количество воды затворения. Другую серию образцов испытывали с

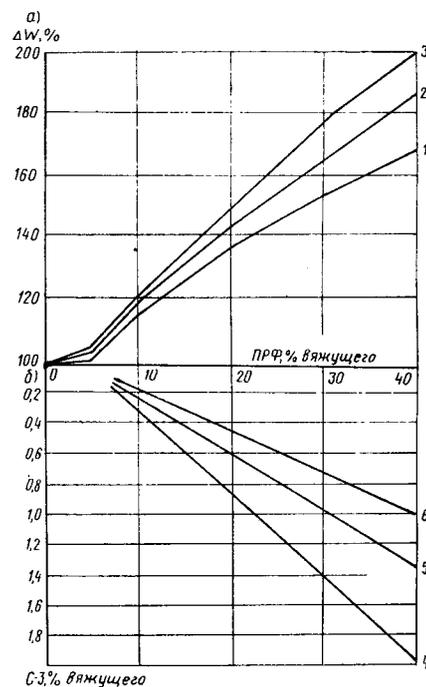


Рис. 1. Изменение водопотребности растворных смесей (а) и оптимальных дозировок добавки С-3 (б) в зависимости от количества ПРФ

1 — обычные смеси с распылом 115 мм при переменном В/Вяз; 2 — то же, с распылом 165 мм; 3 — то же, с распылом 195 мм; 4 — пластифицированные добавкой С-3 смеси с распылом 115 мм при В/Вяз=0,38; 5 — то же, с распылом 165 мм при В/Вяз=0,45; 6 — то же, с распылом 195 мм при В/Вяз=0,50

Содержание основных компонентов, %								Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup>
SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п. п. п.			
65—75	2,5—6,6	1,8—3,5	2,0—3,1	1,3—4,3	0,8—1,2	0,6—1,9	5—11	1,8—2,2	0,125—0,135	2,2

целью выявления дозровок добавки С-3, обеспечивающих одинаковую подвижность смесей (растворные смеси этой серии имели равное количество воды затворения). Подвижность смесей оценивали по распылу конуса согласно ГОСТ 310.4—81.

Величину прироста водопотребности ( $W, \%$ ) определяли как отношение количества воды затворения образцов с добавкой ПРФ к количеству воды в контрольных составах смесей той же подвижности.

Прочность образцов измеряли испытанием кубов с размером ребра 5 см, твердевших в условиях ТВО по режиму (3+3+6+2) ч при температуре изотермы 85°C. Полученные результаты показали, что замещение до 40% цемента пылью фильтров на сроках схватывания цементного теста существенно не отражается.

При замещении до 5% цемента пылью фильтров водопотребность растворных смесей изменяется весьма незначительно, однако при повышенном количестве ПРФ в составе вяжущего она возрастает более интенсивно (рис. 1). При этом величина прироста связана с водопотребностью и, соответственно, с подвижностью контрольных образцов: чем выше подвижность, тем интенсивнее изменяется водопотребность.

Использование суперпластификатора С-3 позволяет существенно уменьшить расход воды в смесях с добавкой ПРФ. Дозировки С-3, обеспечивающие снижение этого параметра до уровня контрольных образцов, принимаются за оптимальные. Установлено, что оптимальные дозировки суперпластификатора постоянными не являются, они изменяются в зависимости от водопотребности смесей: с увеличением содержания воды оптимальные дозировки уменьшаются.

Прочность образцов, приготовленных из растворных смесей одинаковой подвижности с разным водовязущим отношением, не уменьшается при замещении до 15% цемента пылью. Более того, при замещении до 10% цемента наблюдается некоторое увеличение прочности. В то же время снижение водопотребности с помощью суперпластификатора С-3 приводит к увеличению прочности до 35%, несмотря на сокращение доли цемента в общей массе вяжущего до 40% (рис. 2).

Полученные закономерности объясняются свойствами ПРФ. Известно, что основной компонент материала — ультрадисперсный кремнезем аморфной модификации, обладающий пуццолановой активностью, взаимодействует с гидроксидом кальция, выделяющимся в процессе гидратации портландцемента, и образует труднорастворимый низкоосновный гидросиликат кальция мелкокристаллической формы типа CSH. Это новообразование, являясь более прочным материалом по сравнению с гидроксидом кальция, улучшает структуру и механические свойства цементного камня [3]. Высокая дисперсность ПРФ предопределяет повышенную водопотребность смеси, что естественно влечет за собой ухуд-

шение структурно-механических свойств цементного камня и, таким образом, в определенной степени скрывает отмеченный эффект. Как видно из рис. 2, негативное влияние избыточного количества воды проявляется при дозировках ПРФ выше 15% общей массы вяжущего, т. е. при увеличении водопотребности более чем на 25% (см. рис. 1). Использование суперпластификатора С-3 как водоредуцирующего компонента смесей позволяет предотвратить чрезмерное повышение их водопотребности и в более полной мере выявить достоинства ПРФ как модификатора структуры цементного камня.

Дифференциально-термический анализ образцов цементного камня показал, что независимо от условий и сроков твердения количество свободной извести в них уменьшается по мере увеличения объема ПРФ. Практически полное поглощение извести пылью фильтров и, соответственно, формирование гидратных новообразований происходит при дозировках ПРФ на уровне 30% массы портландцемента. При твердении в нормальных условиях связывание основной массы выделяющейся при гидратации извести наблюдается уже в возрасте 14 сут, а при тепловлажностной обработке — в возрасте 1 сут.

Основные свойства бетонных смесей и бетонов с ПРФ, выявленные при многочисленных опытах, приводятся в табл. 2.

Для определения зависимости удобоукладываемости от подвижности были испытаны пластифицированные добавкой С-3 смеси разной консистенции. Образцы с расходом цемента 300 кг/м<sup>3</sup>, не содержащие ПРФ, сравнивали с теми, в которых часть цемента (20 и 30%) замещена пылью фильтров. Подвижность определяли по осадке конуса, а удобоукладываемость — по жесткости согласно ГОСТ 10181.1—81.

Бетонные смеси с ультрадисперсным активным наполнителем обладают лучшей удобоукладываемостью (рис. 3), чем обычные такой же подвижности. Это свидетельствует о ярко выраженных тиксотропных свойствах смесей, которые наглядно проявляются с увеличением дозировки ПРФ. В перспективе они могут быть использованы для отработки высокопроизводительных процессов формирования конструкций, например, с немедленной распалубкой.

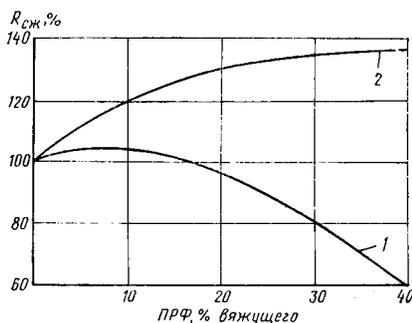


Рис. 2. Изменение прочности образцов из равноподвижных растворных смесей в зависимости от количества замещенного пылью цемента

1 — без добавки С-3 с распылом 165 мм при переменном В/Вяз; 2 — с добавкой С-3 с распылом 165 мм при постоянном В/Вяз = 0,45

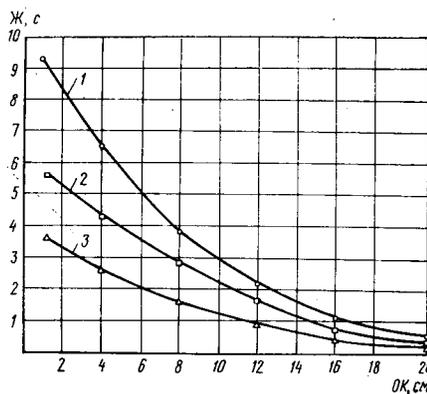


Рис. 3. Изменение удобоукладываемости бетонных смесей в зависимости от осадки конуса

1 — смеси без добавки; 2 — смеси с добавкой ПРФ 20% массы вяжущего; 3 — смеси с добавкой ПРФ 30% массы вяжущего

Таблица 2

№ составов	Составы бетонных смесей, кг/м <sup>3</sup>				В/Вяж	С-3, % вяжущего	О. К., см	Прочность на сжатие, МПа/%		Относительный расход цемента, %
	Ц	ПРФ	П	Щ				после ТВО	через 28 сут нормального хранения	
1	367	—	735	1100	0,51	0,5	6,0	28,0/100,0	37,8/100,0	100,0
2	300	—	750	1155	0,57	0,6	8,5	24,8/89,6	28,8/76,2	81,8
3	273	27	690	1144	0,57	0,6	8,0	29,0/103,5	32,0/84,9	74,4
4	251	49	671	1120	0,59	0,8	8,0	32,4/115,7	35,1/93,0	68,4
5	230	70	688	1079	0,59	1,0	6,5	36,0/127,6	39,3/104,9	62,7
6	302	31	680	1155	0,53	0,8	5,0	35,0/125,0	38,1/100,9	81,8
7	300	63	612	1138	0,53	0,9	5,5	39,1/139,6	43,0/113,9	81,8

Примечания: 1. Образцы приготовлены на портландцементе марки 400 Усть-Каменогорского завода. 2. ТВО проводили по режиму (2+3+5+2) ч при температуре изотермы 90°C.

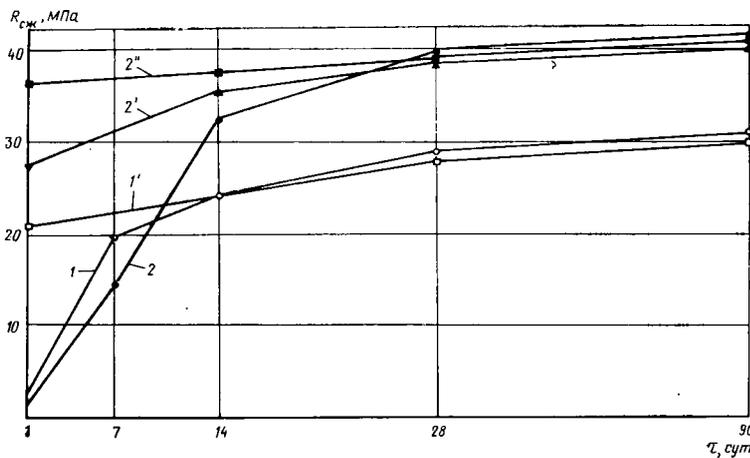


Рис. 4. Кинетика изменения прочности образцов бетона с ПРФ

1 и 1' — бетон состава № 2 с расходом цемента 300 кг/м<sup>3</sup>, твердевший соответственно в нормальных условиях и при ТВО с температурой изотермы 90°C; 2 — бетон состава № 5 с расходом цемента 230 кг/м<sup>3</sup>, ПРФ 70 кг/м<sup>3</sup>, твердевший в нормальных условиях; 2' и 2'' — то же, твердевшие при ТВО с температурой изотермы 60 и 90°C соответственно

На рис. 4 и в табл. 2 приведены данные о влиянии ПРФ на прочность бетона в зависимости от условий твердения. Как следует из этих данных, в зависимости от составов и класса бетонов можно существенно сократить расход цемента. Относительно бетонов с добавкой С-3, которые являются менее цементоемкими по сравнению с обычными, расход цемента сокращается на 37% (составы 1 и 5, табл. 2). При этом уменьшается и общая доля вяжущего (суммарной массы цемента и ПРФ) и увеличивается масса инертных компонентов в смесях, что может быть благоприятным фактором в обстоятельствах, когда необходимо получить бетоны с пониженной экзотермией.

При твердении в нормальных условиях интенсивное нарастание прочности происходит в возрасте от 7 до 20 сут. Очевидно, именно в этот период в процессе фазовых превращений в портландцементном камне выделяется основная масса извести, которая связывается компонентами ПРФ с образованием низкоосновных гидросиликатов.

Эффективность ПРФ наиболее ярко проявляется при тепловлажностной обработке бетонов. Прирост прочности

по отношению к контрольным образцам сразу после ТВО значительно выше прироста прочности бетонов, твердеющих в нормальных условиях. Важное значение имеет и режим тепловлажностной обработки: с повышением температуры изотермического прогрева прочность возрастает интенсивнее. Это объясняется возрастанием реакционной способности основного компонента ПРФ — диоксида кремния с повышением температуры щелочной среды, что известно [4].

Морозостойкость и водонепроницаемость бетонов определяли по образцам № 2, 3, 6 (см. табл. 2). Испытания показали, что при замене 18% цемента пылью фильтров морозостойкость не ухудшается. При приготовлении бетонов без снижения расхода цемента добавка ПРФ (10% массы цемента) может быть эффективным средством улучшения их морозостойкости и водонепроницаемости.

Производство изделий на комбинате ЖБИ № 2 потребовало создания дополнительных процессов: приготовление суспензии (пасты) из ПРФ на ферросплавном заводе и транспортирование ее в специально приспособленных автомобилях к бетоносмесительным узлам, прием и подачу суспензии в бетоносмесите-

ли через дозаторы воды с помощью приспособленных для этого типовых штукатурных растворонасосных станций.

Выпущено несколько тысяч кубометров изделий. Накопленный при этом опыт показал, что пыль рукавных фильтров Ермаковского ферросплавного завода является эффективным средством экономии цемента. При изготовлении стеновых блоков из бетона класса В7,5 на шлакопортландцементе марки 400 удалось сократить расход цемента на 60 кг/м<sup>3</sup>, а при выпуске пустотных плит перекрытий из бетона класса В22,5 на портландцементе марки 400 производственные нормы расхода цемента сокращены на 130 кг/м<sup>3</sup>.

#### Выводы

Пыль рукавных фильтров (ПРФ) Ермаковского завода ферросплавов, введенная совместно с суперпластификатором С-3 в состав бетонных смесей, позволяет сократить производственные нормы расхода цемента до 40%, а при неизменном расходе цемента значительно повышать прочность и морозостойкость бетонов.

Бетонные смеси, содержащие ПРФ и пластифицированные добавкой С-3, обладают ярко выраженными тиксотропными свойствами, что проявляется в их повышенной удобоукладываемости и используется для создания высокопроизводительных процессов формования изделий.

Прочность бетонов с ПРФ изменяется в зависимости от условий твердения: при ТВО с повышением температуры изотермы она увеличивается; при нормальных условиях более интенсивный по сравнению с обычным бетоном прирост прочности происходит в период от 7 до 20 сут.

Практика выпуска железобетонных изделий в комбинате ЖБИ № 2 показала высокую эффективность использования ПРФ, которая выражается экономией цемента в среднем на 100 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Перспективы использования ПГПФ в технологии сборного железобетона / О. П. Мчедлов-Петросян, А. В. Ушеров-Маршак, С. Б. Москаленко и др. // Бетон и железобетон. — 1986. — № 9.
2. Использование отхода производства ферросилиция / Б. Я. Трофимов, С. П. Горбунов, Л. Я. Крамар и др. // Бетон и железобетон. — 1987. — № 4. — С. 39—41.
3. Huang Cheng-yi, Feldman R. Influence of Silica Fume on the Microstructural Development in Cement Mortars. Cement and Concrete Research. V. 15, pp. 285—294. 1985.
4. Kurbus B., Bakula F., Jabrovšek R. Reactivity of SiO<sub>2</sub> Fume from Ferrosilicon Production with Ca(OH)<sub>2</sub> Under Hydrothermal Conditions. Cement and Concrete Research. V. 15, pp. 134—140, 1985.

УДК 624.012.45.

В. И. АГАДЖАНОВ, д-р техн. наук (НИИЖБ); Э. Ф. ПАНЮКОВ, канд. техн. наук, Е. К. БАДКОВА, канд. экон. наук (Симферопольский филиал ДИСИ)

## Эффективность проектирования железобетонных конструкций с требуемой огнестойкостью

Пожары — это общегосударственная и общечеловеческая проблема. Каждые пять минут где-то происходят пожары, каждый час в огне гибнет человек, а 20 получают увечья, ежедневно пожары приносят прямых убытков почти 1 млн. р., при этом один пожар в среднем — около 2 тыс. р. [1]. В 1986 г. в некоторых районах нашей страны были периоды, когда пожары уничтожали больше жилья, чем строилось, в среднем по стране сгорает 1,5...2% вновь вводимой жилой площади. По статистическим данным гибель людей происходит в основном вследствие отравления продуктами горения — 72,2%, ожогов — 23,4, преждевременного обрушения конструкций — 1,8% и по другим причинам. Первые две причины гибели людей создаются ими самими, стихийностью их поведения. Гибель людей вследствие обрушения конструкции связана с качеством проектирования, технологией изготовления и монтажа.

Практикой эксплуатации зданий и сооружений, а также испытанием новых конструкций установлено, что в некоторых случаях предполагаемая огнестойкость железобетонных конструкций (время сопротивления огневому воздействию) оказывается меньше требуемого противопожарными нормами, что вынуждает производить дорогостоящую переделку проектов или существенно увеличивает материальные потери при пожарах.

Если конструкция имеет требуемую огнестойкость  $t_n$ , предполагается, что пожар будет потушен до ее обрушения. В этом случае ущерб от пожара будет локальным, а здание, вероятнее всего, после косметического ремонта можно продолжать эксплуатировать. В противном случае ущерб, нанесенный огнем, будет увеличен разрушением конструкции, преждевременно потерявшей огнестойкость через промежуток времени  $t_a$  и вызвавшей механическое обрушение смежных конструкций. При этом размеры материальных потерь и человеческих жертв могут возрасти во много раз. Для избежания этого необходимы методы расчета огнестойкости железобетонных конструкций, обеспечивающие проектиро-

вание конструкций в соответствии с требованиями противопожарных норм.

Размер ущерба в каждом конкретном случае зависит от интенсивности пожара, места его возникновения, этажности и конструктивного типа здания, назначения конструкций, огнестойкость которых оказалась недостаточной. Например, потеря огнестойкости плиты перекрытия многоэтажного здания на первом этаже может не повлиять на состояние конструкций вышележащих этажей; потеря же огнестойкости перекрытий на верхних этажах с наибольшей вероятностью повлечет за собой разрушение нижележащих перекрытий. Очевидно, что потеря огнестойкости ригеля вызовет больший ущерб, чем плиты, а потеря огнестойкости колонны может привести к разрушению всей ячейки здания. Исходя из статистических данных для указанных конструкций определена относительная часть убытков.

Ожидаемый ущерб от преждевременной потери огнестойкости несущей конструкции можно оценить по зависимости

$$V_\alpha = V_c \beta \gamma (20\alpha)^2 \nu, \quad (1)$$

где  $V_c$  — среднестатистический убыток от одного пожара, тыс. р. (см. таблицу);  $\beta$  — коэффициент убыточности по материалу несущих конструкций;  $\gamma$  — относительная часть убытков в зависимости от назначения конструкции: для колонн  $\gamma=8$ , для ригелей  $\gamma=4$ , для плит перекрытий  $\gamma=2$ ;  $\alpha$  — относительный дефицит огнестойкости конструкции:  $\alpha = (t_n - t_a)/t_n$ ;  $\nu$  — коэффициент, учитывающий

Тип зданий	Государственные и ведомственные здания	Жилые дома
Деревянные	3,162/1,85	1,345/1,28
Кирпичные	0,677/0,39	0,468/0,44
Саманные	1,051/0,61	0,331/0,31
Шлакоблочные	0,939/0,55	0,623/0,59
Каменные	0,459/0,27	0,388/0,37
Железобетонные	0,519/0,30	0,320/0,30

Примечание. Перед чертой —  $V_c$ , тыс. р., после черты —  $\beta$ .

вероятность возникновения пожара на одном из этажей многоэтажного здания:  $\nu = 2/(1+n)$ ;  $n$  — число этажей в здании.

Используя зависимость (1) между различными факторами, влияющими на размер ущерба от пожаров, и среднестатистические данные, можно дать оценку ежегодному сокращению материальных потерь от пожаров в случае применения железобетонных конструкций с гарантированной огнестойкостью. В кирпичных, шлакоблочных, каменных и железобетонных зданиях с железобетонными перекрытиями ежегодно происходит около 11,3 тыс. пожаров [2]. В 16% из них (1,8 тыс. случаев) убытки увеличивались из-за недостаточной огнестойкости конструкций, причем в 65% (1,17 тыс. объектов)  $\alpha=0,05$ , а в 35% (630 объектов)  $\alpha=0,1$ .

Применив эти данные к распространенным 5-этажным зданиям, по зависимости (1) получим ожидаемое сокращение материальных потерь от пожаров за год при использовании конструкций с требуемой противопожарными нормами огнестойкостью: для плит перекрытий — 2,2, для ригелей или балок — 4,4, для колонн — 8,8 млн. р.

Исключение преждевременного обрушения конструкций при пожарах обеспечивает сокращение человеческих жертв и травматизма. Экономическая сторона этого вопроса заключается в снижении потерь прибыли от деятельности этих людей на производстве, а также от сокращения выплат по нетрудоспособности, расходов на медицинское обслуживание и затрат на подготовку замены вышедшим трудящимся, так называемых непредвиденных расходов от пожара.

На основании СН 509—78, а также источников [3, 4] можно определить общую социально-экономическую эффективность применения железобетонных конструкций с требуемой огнестойкостью по формуле

$$\mathcal{E}_{c, \text{общ}} = \mathcal{E}_{c_1} + \mathcal{E}_{c_2}, \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}_{c_1}$  — уменьшение потерь прибыли от деятельности людей;  $\mathcal{E}_{c_2}$  — уменьшение непредвиденных расходов от пожаров.

Снижение потерь прибыли определяется сокращением числа потерянных чел.-дн. Ч, вследствие гибели людей  $Ч_1$  и полученных травм на пожарах  $Ч_2$ :

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E}_{c_1} &= ЧД; \\ Ч &= Ч_1 + Ч_2, \end{aligned} \right\}$$

где Д — прибыль на одного трудящегося за день работы на производстве;  $Ч_1$  —

сокращение числа потерянных чел.-дн. вследствие уменьшения числа погибших людей на пожарах:  $Ч_1 = 15TN_1$ ;  $T$  — количество рабочих дней в календарном году;  $N_1$  — количество погибавшего ранее трудоспособного населения на пожарах за год вследствие обрушения конструкций; 15 — потерянный для общественного производства средний трудовой стаж погибших принят средним между начинающим трудовую деятельность и имеющим 30-летний стаж.

Подавляющее число травм составляют переломы, ушибы и ожоги, требующие лечения и вызывающие не менее чем у 10% пострадавших стойкое нарушение трудоспособности с назначением 1...3-й группы инвалидности бессрочно и около 20% временно (1 год).

$Ч_2$  — сокращение количества потерянных чел.-дн. вследствие уменьшения травматизма:  $Ч_2 = T_1N_2 + 0,1N_215T + 0,2N_2T = N_2(T_1 + 1,7T)$ ;  $N_2$  — количество человек, получивших травмы при обрушении конструкций;  $T_1$  — среднее время лечения травм, сут.

Общий экономический эффект от сокращения непредвиденных расходов из-

за пожаров можно подсчитать по выражению

$$\mathcal{E}_{с_2} = N_2 (T_1 S_1 + S_2 + 1,7 \Pi) + N_3 S_3, \quad (3)$$

где  $S_1$  — средняя сумма выплат за один день временной нетрудоспособности, р.;  $S_2$  — средние расходы в сфере медицинского обслуживания на один случай заболевания из-за травматизма, р.;  $\Pi$  — средняя величина государственной пенсии по инвалидности, р.;  $N_3$  — число вновь обученных на производстве, необходимых для замены выбывших работников:  $N_3 = N_1 + 0,1N_2$ ;  $S_3$  — средние расходы на одного вновь обучаемого, р.;

При обрушении конструкций на пожарах погибают, как правило, люди из числа борющихся с огнем (в основном сотрудники подразделений пожарной охраны), т. е. люди исключительно трудоспособные. Нетрудоспособная часть населения гибнет вследствие отравления продуктами горения или ожогов в начале пожара до обрушения конструкций.

В расчете использовали следующие данные:  $N_1 = 71$  чел.,  $N_2 = 1420$  чел. (1,8%

общего числа пострадавших в выделенной группе зданий);  $T = 253$  дн.,  $T_1 = 21$  дн.,  $S_1 = 5,8$  р.,  $S_2 = 96$  р.,  $S_3 = 400$  р.,  $D = 17,8$  р.,  $\Pi = 80$  р.

В результате расчета, выполненного по предлагаемой методике, ежегодный экономический эффект от сокращения потерь прибыли на производстве составил 16,2 млн. р., а от сокращения непредвиденных затрат — 2,7 млн. р.

Таким образом, обеспечение требуемой огнестойкости железобетонных конструкций на стадии проектирования обусловит в год значительный социальный (сокращение гибели свыше 70 человек, травматизма на 1400...1500 случаев) и экономический эффект около 20 млн. р.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Микеев А. К. Гибель в огне // Известия. — 1987. — 17 июня.
2. Минаев С. Н., Сон Э. Г. Статистика пожаров // Вопросы экономики в пожарной охране. — М.: ВНИИПО МВД СССР, 1981. — С. 72—98.
3. Методические рекомендации по определению социально-экономической эффективности проектных решений объектов рекреационной отрасли. — М.: Стройиздат, 1984. — 25 с.
4. СССР в цифрах в 1986 году. — М.: Финансы и статистика, 1987. — 286 с.

## Информация

### Всесоюзная конференция по бетону и железобетону

В октябре прошлого года в Казани состоялась X Всесоюзная конференция по бетону и железобетону, посвященная ресурсо- и энергосберегающим конструкциям и технологии их изготовления. В работе конференции приняли участие производственники, проектировщики и научные работники из 51 города страны, а также представители Болгарии и Чехословакии. Кроме 19 заказных докладов (см. прошлогодний № 9 журнала «Бетон и железобетон»), заслушанных на пленарном заседании и заседаниях четырех секций, были рассмотрены 170 стендовых докладов, представленных участниками конференции.

Обсудив состояние и проблемы дальнейшего совершенствования бетона и железобетона, конференция приняла конкретные рекомендации всем участникам строительного комплекса.

Производственным, проектным и научным организациям рекомендовано: последовательно расширять объемы применения высокопрочных, легких и ячеистых бетонов, железобетонных конструкций с двутавровыми, кольцевыми

и швеллерными, прямоугольными пустотелыми поперечными сечениями, а также других эффективных конструкций, в том числе плит на пролет, неразрезных плит покрытий, стеновых панелей с разреженным армированием, стеновых панелей из ячеистого бетона с армированием волнообразными сетками, трехслойных стеновых панелей наружных стен с гибкими связями, самонапряженных конструкций и конструкций из фибробетона;

разработку новых сборных железобетонных конструкций вести в тесной увязке с технологией их производства при максимальной унификации типоразмеров изделий;

непрерывно увеличивать объемы применения арматурной стали классов Ат-IVC, Ат-VI, Ат-VII, арматурных канатов класса К-19, стабилизированной высокопрочной проволоки, стальной фибры; расширять применение конструкций с нетрадиционным армированием (смешанное, внешнее, без сцепления с бетоном и др.);

всемерно развивать строительство

жилых и гражданских каркасно-панельных зданий с натяжением арматуры в построечных условиях;

расширять производство и применение в строительстве мелких и крупных блоков из ячеистых и легких бетонов с использованием местного сырья;

широко использовать наиболее рациональные конструктивные схемы промышленных зданий, в том числе покрытия без подстропильных конструкций, каркасы здания с ядрами и диафрагмами жесткости из железобетона, конструкций производственных зданий с уменьшенными шагами градаций геометрических параметров и нагрузок;

расширить использование всяких железобетонных конструкций с внешним листовым армированием при реконструкции промышленных зданий без остановки производства; разработать типовые решения для более широкого использования конструкций данного вида.

Конференция признала целесообразным сосредоточить усилия работников научно-исследовательских и проектных организаций на следующих направлениях;

создание новых высокоэффективных железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов и бетонов на напрягающих цементах с технико-экономическими показателями, превосходящими традиционные;

разработка быстромонтируемых зданий-модулей из железобетона, конкурентоспособных с металлическими; создание конструкций (новых и совершенствование традиционных) с узлами соединения без сварки закладных деталей и не требующих сложных приспособлений при монтаже;

разработка легкореконструируемых и с заданной долговечностью железобетонных конструкций промышленных и общественных зданий;

развитие методов расчета и проектирования сборно-монолитных и монолитных конструкций; совершенствование методики расчета конструкций по предельным состояниям за счет более полного привлечения вероятностных методов, теории сопротивления материалов и методов строительной механики и механики разрушения, развитие проектирования конструкций с экономической ответственностью, а также разработанных с использованием методов оптимального проектирования; более полно учитывать при проектировании совместную и пространственную работу конструкций в зданиях и сооружениях;

расширение исследований железобетонных конструкций, предназначенных для эксплуатации в суровых климатических условиях, агрессивных средах, при действии динамических воздействий высокой интенсивности, а также при сочетании силовых и несиловых воздействий; совершенствование и расширение применения методов и средств испытания и контроля качества железобетонных конструкций.

Научно-исследовательским организациям и объединениям промышленности железобетона рекомендовано ускорить проведение комплекса работ:

по исследованию свойств, разработке составов и технологии производства вяжущих низкой водопотребности, разработке составов и технологии бетонов на ВНВ, созданию новых высокоэффективных долговечных железобетонных конструкций из них и высокопроизводительных технологий их изготовления;

по отработке и передаче на промышленное применение технологий изготовления пустотных плит перекрытий и железобетонных труб на напрягающем цементе, а также химически стойких бетонов и конструкций из них;

по разработке новых эффективных методов укладки бетона в монолитные конструкции с применением напорного

бетонирования, а также разработке автоматизированных систем управления и контроля за процессом твердения бетона в различных температурных условиях.

Главная задача в этих областях — доведение разработок до практического использования и широкомасштабное внедрение в практику промышленного и строительного производства принципиально новых ресурс- и энергоэкономичных технологий и конструкций.

Научно-исследовательским организациям необходимо усилить внимание вопросам:

развития теоретических основ структурообразования и управления свойствами многокомпонентных бетонов, в том числе долговечностью, на вяжущих низкой водопотребности, смешанных вяжущих с пониженным клинкерным фондом и бесцементных вяжущих (серных, полимерных, шлакощелочных, гипсовых и др.), обеспечивающих существенную экономию цемента и энергии; активизации работы по практическому применению в строительстве этих исследований;

разработки новых видов суперпластификаторов и комплексных добавок полифункционального действия с применением недефицитного сырья — отходов нефтехимических и химических производств, предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, а также высокоэффективных ускорителей твердения, не вызывающих коррозию арматуры; усиление НИР по установлению обоснованных требований к компонентам бетона и конструкциям с учетом использования промышленных отходов и условиям их применения.

Конференция рекомендовала строительным министерствам и ведомствам, промышленным и строительным объединениям:

расширить применение в строительстве многокомпонентных бетонов, включающих комплексные химические добавки и тонкодисперсные наполнители, с широким использованием местных отходов промышленности;

принять действенные меры к улучшению качества заполнителей и организации применения фракционированных крупных и мелких заполнителей на заводах ЖБИ и товарного бетона;

расширить применение долговечного архитектурного бетона для индустриальной отделки наружных стеновых панелей в заводских условиях и монолитном строительстве;

оснастить бетонные узлы заводов ЖБИ товарного бетона автоматизированным оборудованием для приема, хранения и дозирования химических добавок и зошлаковых отходов;

развернуть работы по широкому вне-

дрению высокопроизводительных энерго- и ресурсосберегающих технологий, в том числе:

интенсивной раздельной технологии приготовления бетонных смесей;

новых методов уплотнения с использованием низкочастотных и управляемых режимов вибрирования, роликового проката, вибровакуумирования и других методов формования;

литьевой технологии с использованием суперпластификаторов при производстве несущих конструкций каркасов зданий;

конвейерных линий при производстве панелей наружных стен, пустотных плит перекрытий и дорожных плит и т. п., а для производства панелей внутренних стен и сплошных панелей перекрытий — кассетно-конвейерных и кассетно-поточных линий;

роторных линий для изготовления стеновых панелей и блоков, плиток полов, тротуаров, бортовых камней и других мелкоштучных изделий;

новых решений по гибкой технологии производства изделий массовой номенклатуры;

внедрить малоэнергоёмкие методы тепловой обработки изделий с применением шелевых и гидроаэроциркуляционных (пузырьковых) камер, пакетных способов термообработки с использованием электрической энергии, аэрозольных систем с тонким измельчением пара; шире использовать безобогревные способы, гелиотермообработку в южных регионах, а в районах наличия природного газа — прогрев продуктами его сгорания;

при реконструкции и техническом перевооружении предприятий сборного железобетона оснащать арматурные производства автоматическими станками для резки и гибки арматуры, безотходными автоматизированными линиями стыковой сварки, изготовления сеток и каркасов;

создавать специализированные фирмы и объединения, в том числе на условиях кооперации, по автоматизации технологических линий и установок на заводах сборных железобетонных конструкций и последовательно осуществлять период на автоматизированные режимы работы все технологические процессы;

осуществить разработку и внедрение технологии и оборудования для комплектно-блочных мобильных предприятий по производству изделий во вновь осваиваемых районах.

В целях повышения эффективности и качества возведения монолитных конструкций:

повсеместно перейти на выполнение работ специально образованными подразделениями, непосредственно подчинен-

ми территориальным строительным управлением и оснащенными комплектами наборами инвентарной многократно оборачиваемой опалубки, средств доставки и укладки бетона:

при производстве работ в зимних условиях широко использовать предварительный электроразогрев бетонной смеси, электрообогрев неопалубленных поверхностей конструкций греющими электропокрывалами, комплексные химические добавки для интенсификации твердения бетона;

при строительстве в условиях жаркого климата применять пленкообразующие покрытия на водорастворимой основе для предохранения бетона от влагопотери.

Конференция обратилась с просьбой к Госстрою СССР и ряду министерств принять меры для ускорения ресурсо- и энергосбережения в производстве бетона и железобетона.

#### **Госстрою СССР надлежит:**

ускорить разработку эффективных мероприятий, обеспечивающих заинтересованность производственных организаций в выпуске и применении конструкций с пониженной материало- и энергоемкостью;

рассмотреть и подготовить предложения о передаче из системы Минстройдормаша СССР в стройкомплекс машиностроительные предприятия по выпуску оборудования для заводов сборного железобетона и монолитного строительства;

пересмотреть систему стандартов и других нормативных документов в области строительства с целью большей увязки с проводимыми на местах работами по ресурсо- и энергосбережению, использованию промышленных отходов, действительно необходимыми и выполнимыми требованиями по качеству железобетонных конструкций, методами их контроля и приемки, а также исключения дублирующих документов и упрощения согласования применения новых технических решений;

организовать совместно с заинтересованными машиностроительными и другими министерствами разработку проектов заводов будущего по производству бетона и железобетона, в которых должны быть применены новейшие технологии и средства механизации и автоматизации производства и одновременно организовать создание оборудования, необходимого для таких заводов.

#### **Минстройматериалов СССР следует:**

принять действенные меры по расширению выпуска напрягающих цементов, организации промышленного производства щелочестойкого стеклянного волокна;

ускорить проведение работ по выпуску опытно-промышленных партий и организации производства вяжущих низкой водопотребности и других эффективных цементов, снижающих энергопотребление при их применении в производстве эффективных железобетонных конструкций;

решить совместно со строительными объединениями проблему обеспечения предприятий сборного железобетона и заводов товарного бетона качественными фракционированными заполнителями, в том числе для декоративного бетона.

#### **Минхимпрому СССР и Миннефтехимпрому СССР необходимо:**

организовать крупнотоннажное производство порошкообразных суперпластификаторов бетона и суперпластификаторов на базе применения в качестве основного органического сырья газойля вместо нафталина;

наладить промышленный выпуск пленкообразующих покрытий, предназначенных для предохранения неопалубленной поверхности монолитных конструкций от влагопотери и гибких теплоизоляционных матов для защиты бетона от быстрого охлаждения при возведении монолитных конструкций в холодное время года;

расширить выпуск противоморозных добавок для монолитного бетона.

**Минлеспрому СССР и Госстрою СССР** надо обеспечить в необходимых количествах производство в жидком и порошкообразном виде эффективных пластификаторов на основе модифицированных технических лигносульфонатов, а также воздухововлекающих добавок для легких, морозостойких и монолитных бетонов.

#### **Минстройдормашу СССР и Госстрою СССР надлежит:**

ускорить разработку и серийный выпуск созданных в организациях строительного комплекса универсальных бетоноукладчиков с эффективными рабочими органами, подвесных конвейеров отделки, кассетно-конвейерных линий, автоматических установок для смазки форм и т. п.;

ускорить создание современных эффективных смесителей и скоростных активаторов для бетонных смесей; организовать серийное изготовление оборудования для дозирования, приема и хранения химических добавок бетона применительно к типовым бетоносмесительным установкам различной мощности.

#### **Минчермету СССР необходимо:**

расширить производство стержневой арматуры классов Аг-IVC, Аг-VI и Аг-VII, стабилизированной высокопрочной проволоки;

организовать массовое производство винтовой арматуры в комплекте с муфтами и гайками, арматуры класса Ат-VIII, холоднотянутой проволоки повышенной прочности класса Врп-I, стабилизированных арматурных канатов;

совместно с Госстроем СССР подготовить и осуществить мероприятия по сокращению номенклатуры арматурных сталей для производства железобетонных конструкций;

реализовать рациональные системы шлакопереработки с выпуском продукции, отвечающей по номенклатуре и качеству требованиям строительной индустрии.

**Минэнерго СССР** предстоит расширить объемы поставок золы и золошлаковых смесей для производства бетона и железобетона.

Участники конференции считают, что для решения вопроса обеспечения промышленности железобетона современными приборами и средствами автоматизации, в том числе и стендов контроля качества продукции, Госстрою СССР совместно с Минприбором СССР следует принять решение и создать необходимые мощности, специализированные на комплектном выпуске указанных оборудования и приборов; разработать и осуществить мероприятия по метрологическому обеспечению применяемых средств измерения и их технического обслуживания.

Головным институтам необходимо коренным образом улучшить подготовку и выпуск обзоров и каталогов, в надлежащей степени освещающих передовой отечественный и зарубежный опыт по ресурсо- и энергосбережению в производстве бетона и железобетона, повышению его эффективности и качества.

Участники конференции считают, что для концентрации усилий ученых и специалистов на решении первоочередных проблем отечественного строительства, в том числе ресурсо- и энергосбережения, целесообразно создать Академию строительных наук и просить Госстрой СССР подготовить предложения по этому вопросу в Совет Министров СССР.

Республиканским, краевым, областным правлениям ВНТО стройиндустрии, соответствующим секциям центрального правления надлежит принять действенные меры к реализации рекомендаций конференции.

Признано целесообразным провести следующую конференцию по бетону и железобетону в 1993 г.

К. В. МИХАЙЛОВ, д-р техн. наук,  
проф., зам. председателя оргкомитета  
конференции

## Железобетонные промышленные крыши

Экономичность, надежность и долговечность крыш в современном массовом строительстве является серьезной проблемой. Пути ее решения активно ищут во всем мире. У нас в стране, где развита промышленность сборного железобетона, наиболее целесообразно изготовление крыш в полносборном варианте из железобетонных элементов полной заводской готовности. У этого варианта есть неоспоримое преимущество — независимость качества сооружения крыши от погодных условий.

В Московском Доме научно-технической пропаганды им. Ф. Э. Дзержинского состоялся семинар на тему «Современные тенденции развития промышленных крыш для жилых, общественных и производственных зданий», организованный секцией «Строительные материалы и конструкции» Московского Дома НТП, НИИЖБ, ЦНИИЭП жилища, ДальНИИС, МГП НТО Стройиндустрия. В работе семинара приняли участие 165 представителей 80 организаций из 12 городов. С докладами и сообщениями выступили 17 специалистов. Обсуждался широкий круг вопросов, в том числе: состояние промышленных безрулонных крыш жилых зданий после 10...27 лет эксплуатации, направления дальнейшей индустриализации крыш в СССР и за рубежом, перспективы применения безрулонных и беспокровных крыш, требования к материалам и конструкциям, предназначенным для безрулонных и беспокровных крыш, технология изготовления железобетонных конструкций промышленных крыш, специальная терминология.

Участники семинара отметили, что степень индустриализации кровельных работ отстает от общего уровня индустриализации строительства. Принципиально новые возможности снижения трудоемкости и изменения характера труда при сооружении крыш зданий открывает применение железобетонных конструкций полной заводской готовности, совмещающих несущие, ограждающие, а при необходимости и теплоизолирующие функции.

В последние годы такого рода полносборные крыши с холодным, теплым или открытым чердаком применяют все более широко на жилых зданиях в различных климатических районах; они вошли в типовые проекты. Их разработ-

ка в настоящее время ведется научно-исследовательскими, конструкторскими и проектными организациями, но, к сожалению, разрозненно.

До настоящего времени не выработаны общие требования к сроку безремонтной службы полносборных крыш и к бетону конструкций, подвергаемому в процессе эксплуатации климатическим воздействиям. Разработанные различными организациями нормативные и рекомендательные документы не охватывают всего круга вопросов и иногда содержат противоречивые требования.

В настоящее время широко применяют железобетонные кровельные панели, защищаемые окрасочной или мастичной гидроизоляцией, именуемые безрулонными. Натурные обследования, проведенные в различных регионах страны, показали, что применяемые безрулонные гидроизоляции недолговечны. В связи с этим безремонтный срок службы такой крыши определяется долговечностью бетона кровельных панелей, которая в большинстве случаев также недостаточна.

Практика показала, что основными причинами дефектов крыш являются: разрушение водосливных краев панелей, низкая трещино- и морозостойкость бетона, а также его малая коррозионная стойкость в атмосфере промышленных городов, недостаточная герметичность стыков между конструкциями.

С учетом накопленного опыта для обеспечения эксплуатационной надежности и долговечности промышленных крыш участники семинара рекомендуют: принять как основной вариант полносборное решение крыши с кровельными элементами, не требующими дополнительной поверхностной гидроизоляции, — беспокровное;

применять тип чердака (холодный, теплый, открытый и др.) в зависимости от природно-климатических и эксплуатационных условий района строительства;

применять, как правило, незамачиваемые стыки, вынесенные выше поверхности водоотвода;

расширить разработку и применение в конструктивных решениях крыш безлотовых и некаскадных систем как наиболее надежных и долговечных;

к водоотводящей кровельной поверхности крыш предъявлять требования,

соответствующие первой категории трещиностойкости железобетонных конструкций;

изготавливать элементы промышленных крыш из различных видов конструктивных бетонов, обладающих необходимыми качественными показателями. Показателями качества кровельного бетона — бетона наружного слоя конструкций — рекомендуется считать прочность на сжатие и растяжение, водонепроницаемость, водопоглощение, термоморозостойкость, коррозионную стойкость в атмосфере, усадку. Их следует назначать дифференцированно в зависимости от вида и климатического района строительства.

В кровельных бетонах целесообразно применять напрягающие цементы по ТУ 21-20-48-82 и ТУ 21-20-18-80, портландцементы с нормированным минералогическим составом по ГОСТ 10178—85, сульфатостойкие портландцементы по ГОСТ 22266—76. Для шлакобетонов допускается применение шлакопортландцемента. При соответствующем обосновании можно использовать и другие виды цемента.

Для координации и упорядочения научно-исследовательских, проектных и конструкторских работ, а также выработки общих подходов к решению проблемы индустриализации крыш необходимо разработать технические условия на кровельные бетоны, рекомендации по их технологии, рекомендации по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации промышленных крыш с различными типами чердака, рекомендации по технико-экономическому обоснованию решений промышленных крыш, а также специальную терминологию.

Целесообразно образовать межведомственный творческий коллектив с включением в его состав специалистов, занимающихся вопросами индустриализации крыш.

*За консультациями и научно-технической помощью можно обращаться в оргкомитет семинара по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, НИИЖБ, тел: 174-86-81, 174-89-95.*

А. И. ЗВЕЗДОВ, Г. М. МАРТИРОСОВ,  
М. И. ДИАМАНТ, А. Н. МАЗАЛОВ,  
кандидаты техн. наук,  
Н. Н. КРОВОТА, инж.

УДК 691-412:666.9.055

## Формовочная машина для изготовления блоков подвалов

На Шосткинском заводе ЖБК-7 (Сумская обл.) разработана, изготовлена и длительное время эксплуатируется самоходная формовочная машина для производства пустотных типа ФБП и сплошных типа ФБС блоков стен подвалов из тяжелого бетона по ГОСТ 13579—78 без петель (см. рисунок). Строповка бесцветных блоков осуществляется автоматической траверсой или за имеющиеся сквозные поперечные отверстия. Блоки формуют методом немедленной распалубки на бетонной площадке с естественным вызреванием в теплое время года. В холодное время года можно формовать изделия на сменных поддонах в закрытом помещении.

На качество поверхности и отклонение геометрических размеров в допустимых пределах ГОСТа влияет качество приготовленной бетонной смеси с жесткостью не менее 60 с.

Распалубочная прочность в летнее время достигается через сутки после формования. Экономия бетона при изготовлении пустотных блоков ФБП со-

ставляет 19...28% в зависимости от их марки.

Формовочная машина состоит из портала (рамы) коробчатой конструкции, скипового подъемника вместимостью 2 м<sup>3</sup> с приводом от барабанной лебедки через трособлочную систему, приемного бункера вместимостью 2 м<sup>3</sup> с шибером и вибраторами, накопителя, формующего элемента, состоящего из виброрамки с четырьмя вибраторами и пустообразователями, механизма, образующего поперечные строповочные отверстия, вибропригруза с двумя вибраторами направленного действия, механизмов передвижения и поворота всей машины, гидропривода на рабочие органы, виброизолированной, пылезащищенной кабины управления.

Принцип работы формовочной машины следующий. Автомобиль (самосвал) выгружает бетонную смесь в ковш скипового подъемника, затем смесь попадает в приемный бункер, откуда при открывании шиберного затвора побуждаемая вибраторами загружается в накопитель.

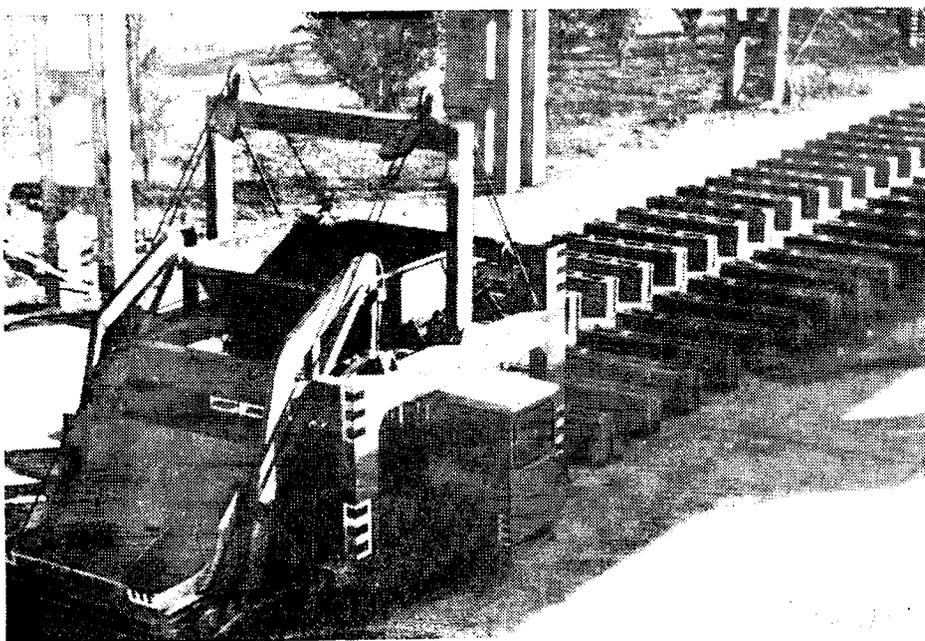
Для образования сквозных строповочных отверстий вводятся пуансоны. Передвигаясь, накопитель с бетоном надвигается на формующий элемент (рамку), где смесь равномерно распределяется, заглаживается верхняя плоскость, срезаются излишки бетона, и возвращается в исходное положение. Затем опускается пригруз, и бетонная смесь окончательно уплотняется вибраторами рамки и пригруза. Последний не допускает отрыва верхнего слоя бетона изделия по периметру. Затем без подъема пригруза изделия распалубливают с предварительной вытяжкой пуансонов, и самоходный портал передвигается на шаг формовки. После укладки нескольких блоков машина с помощью механизма поворота разворачивается и начинается формование следующего ряда в обратном направлении по принципу челнока. Формование каждого блока можно осуществлять как в ручном, так и в автоматическом режиме по настроенной программе. Для работы в автоматическом режиме требуется бетонная смесь постоянной жесткости, на которую ранее настроена программа.

В процессе формования блоков участвует только один человек — оператор. Ручной труд полностью исключен. Машина проста в управлении. Широко применены блокировочные устройства, предохраняющие механизмы от поломок. Переналадка на другую марку изделия производится с помощью замены формообразующих элементов. Питание осуществляется от гибкого кабеля на тросовой подвеске с возможностью подборки его провеса. Время формования одного блока независимо от его марки составляет 2...3 мин.

*Дополнительные сведения можно получить по адресу: 245110, г. Шостка, Сумская обл., п/о 2, ул. Гагарина, завод ЖБК-7.*

В. А. РОЖКОВ, Б. П. КИСЕЛЕВ,  
А. И. ТИТАРЕНКО,  
инженеры (завод ЖБК-7)

Формовочная машина



**ВНИМАНИЮ  
ЗАВОДСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ**

**Конструкторско-технологическое бюро  
научно-исследовательского,  
проектно-конструкторского  
и технологического института  
бетона и железобетона  
КТБ НИИЖБ Госстроя СССР**

**разработало чертежи лабораторной  
установки для электронагрева образ-  
цов стержневой арматуры (проект  
17.КК.117.1.85).**

Установка предназначена для электронагрева образцов стержневой термостойкой стали перед механическими испытаниями по ГОСТ 10884—81.

Установка малогабаритна, проста в изготовлении и эксплуатации.

**Техническая характеристика**

Условный диаметр нагреваемых образцов, мм . . . . .	10...40
Длина нагреваемого участка, мм . . . . .	500
Общая длина образца, мм . . . . .	700
Количество одновременно нагреваемых образцов, шт. . . . .	3
Соединение нагреваемых образцов . . . . .	последовательное
Прижим образцов к контактам . . . . .	пневматический
Рабочее давление в пневмосистеме, МПа . . . . .	0,35...0,45
Управление гидроцилиндрами . . . . .	ручное
Источник питания электрическим током . . . . .	сварочный трансформатор
Максимальная сила тока, А для стержней $\varnothing$ до 32 . . . . .	1900
$\varnothing$ до 36 . . . . .	2040
$\varnothing$ до 40 . . . . .	2400
Максимальная температура нагрева, °С . . . . .	450
Охлаждение контактов . . . . .	естественное
Габаритные размеры, мм (длина $\times$ ширина $\times$ высота) . . . . .	1030 $\times$ 680 $\times$ $\times$ 1015
Масса, кг . . . . .	190

**Запросы и предложения направлять по адресу:  
109389, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, КТБ  
НИИЖБ**

**Рефераты статей,  
опубликованных в номере**

УДК 666.972:693.542.4  
Дусмурадов Т., Шарифов А., Голубев М. Н. Свойства бетонов с добавками модифицированных лигносульфонатов // Бетон и железобетон. — 1989. — № 3. — С. 3—4  
Обработка раствора технических лигносульфонатов минеральными адсорбентами (лесс и керамзитовая пыль) несколько улучшает их пластифицирующие свойства. Такая модификация раствора добавок позволяет значительно устранить замедляющее воздействие лигносульфоната на гидратацию и твердение цементного камня. Модифицирование лигносульфонатов приводит к более плотной упаковке исходных зерен в цементном тесте, увеличивая при этом плотность и прочность затвердевшего бетона и позволяя экономить до 10% цемента. — Ил. 3, табл. 1. — Библиогр.: 5 назв.

УДК 624.012.3  
Роторная технология в производстве сборного железобетона / Г. Д. Давыдов, И. В. Панасьяк, Г. В. Шуляльский и др. // Бетон и железобетон. — 1989. — № 3. — С. 5—7  
Рассмотрена эффективность применения роторно-конвейерных линий в производстве соорных бетонных и железобетонных изделий. Приведены технико-экономические показатели внедренных и вновь разработанных автоматизированных роторно-конвейерных линий. — Ил. 4.

УДК 624.012.4  
Соколов В. С. Прочность и трещиностойкость наклонных сечений стеновых панелей // Бетон и железобетон. — 1989. — № 3. — С. 8—9  
Предложена методика оценки прочности и трещиностойкости наклонных сечений стеновых панелей, работающих как балки-стенки. — Ил. 1. — Библиогр.: 2 назв.

УДК 624.15  
Летнев А. Н., Дьяков И. М. Расчет на продавливание отдельно стоящих фундаментов колонн // Бетон и железобетон. — 1989. — № 3. — С. 11—13

Описаны эксперименты, проведенные с целью изучения продавливания отдельно стоящих фундаментов и использованные при этом оборудование и аппаратура. Рассмотрены напряженно-деформированное состояние сжатой зоны бетона у колонны, процесс разрушения. На основании опытных данных и ранее проводимых исследований предложена система расчета отдельно стоящих фундаментов на продавливание, позволяющая не только приблизить расчетную модель к фактическому процессу разрушения, но и повысить расчетную нагрузку при продавливании или уменьшить класс бетона (расход цемента). Ил. 3, табл. 1. — Библиогр.: 2 назв.

УДК 624.072.23  
Маилая Л. Р. Учет работы арматуры за физическим или условным пределом текучести // Бетон и железобетон. — 1989. — № 3. — С. 16—17

Приведен метод расчета железобетонных элементов с учетом работы арматуры за физическим или условным пределом текучести, развинутой и обобщающей методику СНиПа. При проверке на опытных данных установлено удовлетворительное совпадение опытных и теоретических результатов. — Ил. 1. — Библиогр.: 5 назв.

УДК 620.197.1:691.87:693.554  
Кравченко Т. Г. Обследование коррозионного состояния арматуры конструкций электрохимическими методами // Бетон и железобетон. — 1989. — № 3. — С. 18—20

Рассмотрены электрохимические методы оценки коррозионного состояния стальной арматуры железобетонных конструкций в эксплуатационных условиях, в том числе методы обнаружения блуждающих токов, и дана оценка опасности электрокоррозии. — Ил. 3. — Библиогр.: 4 назв.

УДК 691:680.197  
Повышение долговечности бетона при воздействии органических кислот сред / Л. Я. Лаврега, И. В. Бориславская, А. И. Байза, С. Я. Унчик // Бетон и железобетон. — 1989. — № 3. — С. 20—22  
Исследована коррозионная стойкость бетонов на различных ПЩ в растворах низкоконцентрированных органических кислот — уксусной, молочной, муравьиной. Показано, что все бетоны требуют антикоррозионной защиты. — Ил. 2. — Библиогр.: 4 назв.

УДК 691.327.004.8  
Применение отходов ферросплавного производства с пониженным содержанием микрокремнезема / В. Г. Батраков, С. С. Каприелов, В. В. Пирожников, А. В. Шейнфельд // Бетон и железобетон. — 1989. — № 3. — С. 22—24

Рассмотрено влияние ультрадисперсных пылевидных отходов производства ферросилиция (ПРФ) Ермаковского завода на свойства цементных растворов, бетонных смесей и бетонов. Установлено, что водопотребность растворных смесей увеличивается в зависимости от увеличения дозровок ПРФ. Прочность образцов, приготовленных из растворных смесей одинаковой подвижности, не уменьшается при замещении до 15% цемента пылью. Снижение водопотребности с помощью суперпластификатора С-3 приводит к увеличению прочности до 35%. Показано, что бетонные смеси с ПРФ обладают лучшей удобоукладываемостью, а образцы из этих смесей имеют более высокую прочность, морозостойкость. — Ил. 4, табл. 2. — Библиогр.: 4 назв.

УДК 624.012.45.003  
Агаджанов В. И., Панюков Э. Ф., Бадкова Е. К. Эффективность проектирования железобетонных конструкций с требуемой огнестойкостью // Бетон и железобетон. — 1989. — № 3. — С. 25—26  
Приведены методы определения экономической эффективности мероприятий по обеспечению огнестойкости железобетонных конструкций. — Табл. 1. — Библиогр.: 4 назв.

## CONTENTS

*Dusmuradov T., Sharifov A., Golubev M. N.* Properties of concrete with admixtures of modified lignosulphonate  
*Davydov G. D., Panasuk I. V., Pukhalsky G. V., Gusev B. V., Zagursky V. A.* Rotor-technology in production of precast reinforced concrete  
*Sokolov B. S.* Durability and crack resistance of inclined sections of wall panels  
*Brusser M. I., Vysotsky S. A., Tsarik A. M.* Determination of maintaining of concrete mixes maniability  
*Tetior A. N., Djakov I. M.* Calculation on breaking through of separately disposed foundations of columns  
*Karpenko N. I.* Methods of calculation of pivot structures accounting the deformations of displacement  
*Mailjan L. R.* Taking into account of steel framework out of physic and conditional limit of fluidity  
*Kravtchenko T. G.* Investigation of corrosion state of steel framework of structures with aid of electrochemical methods  
*Lawrega L. Ya., Borislavskaja I. V., Baiza A. I., Untchik S. Ya.* Increase of concrete durability under action of organic acid media  
*Batnikov V. G., Kaprielov S. S., Pirozhnikov V. V., Sheinpheld A. V., Vikhman Ya. L.* Application of ferroalloy industry wastes with reduced content of microsilica  
*Agadzhyanov V. I., Panukov E. F., Badkova E. K.* Efficiency of designing of reinforced concrete structures with required fire-resistance  
*Rozhkov V. A., Kiselev B. P., Titarenko A. I.* Moulding machine for production of basement blocks

## CONTENU

*Doussmouradov T., Chariphov A., Golubev M. N.* Les propriétés du béton avec des adjuvants des lignosulfonates modifiés  
*Davydov G. D., Panasuk I. V., Pukhalsky G. V., Goussev B. V., Zagoursky V. A.* La technologie de rotor dans la production du béton armé préfabriqué  
*Sokolov B. S.* La résistance à la fissuration des sections obliques des panneaux muraux  
*Brousser M. I., Vyssotsky S. A., Tsarik A. M.* La détermination de sûreté de maniabilité des bétons frais  
*Tetior A. N., Djakov I. M.* Le calcul sur l'extrusion de fondations des colonnes disposées séparément  
*Karpenko N. I.* La méthodologie de calcul des structures en barres compte tenu de déformations de cisaillement  
*Mailjan L. R.* Le contrôle de service des armatures hors de limite de déformation élastique physique ou permanente  
*Kravtchenko T. G.* L'analyse de l'état corrodé des armatures des structures par les méthodes électrochimiques  
*Lawrega L. Ya., Borislavskaja I. V., Baiza A. I., Ountchik S. Ya.* L'augmentation de durabilité de vie du béton sous l'action des milieux organiques acides  
*Batnikov V. G., Kaprielov S. S., Pirozhnikov V. V., Sheinpheld A. V., Vikhman Ya. L.* L'application des déchets de l'industrie de l'alliage ferrométallique avec une teneur réduite en microsilice  
*Agadzhyanov V. I., Panukov E. Ph., Badkova E. K.* L'efficacité de conception des structures en béton armé avec une résistance au feu exigée  
*Rozhkov V. A., Kiselev B. P., Titarenko A. I.* La machine à mouler pour la production des unités de sous-sols

## INHALTSVERZEICHNIS

*Dusmuradov T., Scharifov A., Golubev M. N.* Betoneigenschaften mit Zusatzmitteln von modifizierten Lignosulfonaten  
*Dawydow G. D., Panasjuk I. W., Puchalskij G. W., Gussew B. W., Sagurskij W. A.* Zanferttechnologie in Produktion von Stahlbetonfertigteilen  
*Sokolow B. S.* Festigkeit und RiB-Sicherheit von geneigten Querschnitten in Wandplatten  
*Brusser M. I., Wysozkij S. A., Zarick A. M.* Erhaltbarkeitsbestimmung der Einbringbarkeit von Betonmassen  
*Tetior A. N., Djakow I. M.* Berechnung auf Durchdrücken von einzeln stehenden Säulenfundamenten  
*Karpenko N. Z.* Berechnungsmethodik von Stabkonstruktionen mit Berücksichtigung der Schubverformung  
*Mailjan L. R.* Berechnung des Verhaltens der Bewehrung außerhalb der physikalischen oder bedingten Streckgrenze  
*Krawtschenko T. G.* Überprüfung des Korrosionszustandes der Bewehrung in Konstruktionen mit elektrochemischen Methoden  
*Lawrega Z. Ja., Borislavskaja I. W., Bajsa A. I., Untschick S. Ja.* Erhöhung der Betondauerhaftigkeit unter Einwirkung von organischen sauren Medien  
*Batnikow W. G., Kaprielow S. S., Piroshnikow W. W., Scheinfeld A. W., Wichman Ja. L.* Verwendung von Rückständen der Ferrolegierungsproduktion mit erniedrigtem Gehalt der Mikrokie-selerde  
*Agadshyanov W. I., Panückow E. Z., Badkowa Je. K.* Wirksamkeit der Projektierung von Stahlbetonkonstruktionen mit erforderlicher Feuerbeständigkeit  
*Roshkow W. A., Kussel'ow B. P., Titarenko A. I.* Formgebungsanlage für Herstellung von Rellerblöcken

Редакционная коллегия: И. Н. Ахвердов, Ю. М. Баженов, В. Н. Байков, А. И. Буракас, Ю. В. Волкоиский, А. М. Горшков, П. А. Демянюк, В. Т. Ильин, Н. М. Колоколов, М. Г. Костюковский, В. В. Михайлов, К. В. Михайлов, В. М. Москвин, Ю. М. Мухин, Д. А. Паньковский, В. С. Подлесных, Б. Я. Рискинд, С. И. Сименко, В. В. Судаков, А. А. Шлыков (зам. главного редактора)

Технический редактор *Е. Л. Сангурова*

Корректор *Н. А. Шатерникова*

Сдано в набор 13.01.89.  
 Печать высокая.  
 Тираж 13625 экз.

Подписано в печать 09.02.89.  
 Бумага книжно-журнальная.  
 Зак. 468.

T-07651.  
 Усл. кр.-отт. 4,75.

Формат 60×90<sup>1/8</sup>.  
 Уч.-изд. л. 5,50  
 Цена 60 коп.

Адрес редакции:  
 Москва, Георгиевский пер., 1, строение 5, 3-й этаж  
 Почтовый адрес редакции (экспедиция): 101442, Москва, ГСП, Каляевская, 23 а  
 Тел. 292-41-34, 292-62-05

Подольский филиал производственного объединения «Периодика» Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли 142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

# Вниманию специалистов!

ВНИИжелезобетон получил большое количество заявок (более 1000) от предприятий и организаций на разработку инструкции по расчету производственных мощностей предприятий сборного железобетона и совместно с ЦНИИЭП жилища и ПИ-2 разработал такую инструкцию.

В новой редакции инструкции по сравнению с действующей уточнен целый ряд устаревших положений и нормативов, особенно нормативов производительности технологического оборудования. Разработан и включен в инструкцию специальный раздел по расчету производственных мощностей заводов полносборного домостроения. В связи с введением общесоюзных норм технологического проектирования предприятий сборного железобетона ОНТП-07-85 переработаны и введены прогрессивные нормативы производительности оборудования. Например, более широко дифференцированы параметры изделий и конструкций, определяющие нормативы производительности: объемы изделий, длину, сложность и простоту конфигурации и др. Приведены примеры расчетов.

Инструкция согласована с Госстроем СССР, Госкомархитектуры (бывш. Госгражданстроем) и утверждена Минстройматериалов СССР. Предназначена для использования заводами ЖБИ и КИД, а также заинтересованными организациями.

Цена инструкции договорная, с учетом компенсационных затрат — 300 р. за 1 экземпляр.

ВНИИжелезобетон заключает договоры на выполнение расчетов производственных мощностей заводов сборного железобетона и оказание консультативной помощи.

*Гарантийные письма на приобретение инструкции направлять по адресу: 111524, Москва, ул. Плеханова, 7, ВНИИжелезобетон. По получении гарантийных писем институт выставит счет на оплату документов.*

## Добавка в качестве ускорителя твердения бетонов

Волгодонской химический завод им. 50-летия ВЛКСМ предлагает предприятиям стройиндустрии химическую добавку — гранулированный сульфат натрия (ГСН), используемую в качестве ускорителя твердения бетонов. Продукт выпускается в соответствии с ТУ 38.10742—84 в количестве до 20000 т в год по договорной цене — ориентировочно 20 р. за 1 т.

Применение сульфата натрия индивидуально, а также в комплексе с другими продуктами регламентируется «Руководством по применению химических добавок в бетоне» [М.: Стройиздат, 1981.—56 с.] и «Инструкцией по применению индивидуальных и комплексных химических добавок для бетонов на основе побочных продуктов производства синтетических жирных кислот и моющих средств» ВСН 02-81 [Ростов-на-Дону, 1981.—20 с.].

*Дополнительную информацию по применению ГСН можно получить в Ростовском инженерно-строительном институте по адресу: 344022, Ростов-на-Дону, 22, ул. Социалистическая, 162, МВ НИЛ ИВРС, телефоны 65-98-07, 65-98-86 и Волгодонском филиале НПО «Синтез ПАВ»: 347340, Волгодонск, Ростовской обл., ул. Химиков, 2, тел. 2-13-91.*

*Адрес поставщика ГСН: 347340, Волгодонск, Ростовской обл., ул. Химиков, 2, Волгодонской химзавод им. 50-летия ВЛКСМ, отдел сбыта, тел. 2-09-12.*